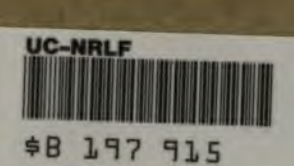
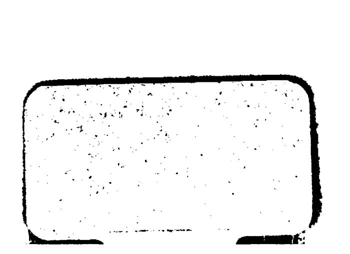




A mon très-honoré Confrère
Monsieur le Professeur
Charles Feminzia
Hommage de son tout dé[…]
J. Chatin

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE

LA CELLULE ANIMALE

SA STRUCTURE ET SA VIE

ÉTUDE BIOLOGIQUE ET PRATIQUE

PRINCIPAUX TRAVAUX DU MÊME AUTEUR

Les organes des sens dans la série animale. Leçons d'anatomie et de physiologie comparée, faites à la Sorbonne. 1880, 1 vol. in-8°, de VIII-726 pages, avec 136 figures.......... 12 fr.

La Trichine et la trichinose. 1883, 1 vol. in-8°, de 282 pages, avec 11 planches.. 10 fr.

Études botaniques, chimiques et médicales sur les Valérianées. 1872, gr. in-8°, 148 pages, avec 14 planches.... 10 fr.

Du siège des substances actives dans les plantes médicinales. 1876, in-8°, 173 pages, avec 2 planches........ 3 fr. 50

La cellule nerveuse. Études d'histologie zoologique sur la forme dite myélocite, 1890, in-8°, 61 pages, avec 1 planche... 2 fr. 50

Morphologie comparée des pièces maxillaires, mandibulaires et labiales chez les Insectes Broyeurs. 1884, in-8°, 217 pages, avec 8 planches .... 8 fr.

Recherches morphologiques sur les pièces mandibulaires, maxillaires et labiales des Hyménoptères. 1887, in-8°, 40 pages, avec 2 planches................................ 2 fr.

Contributions expérimentales à l'étude de la chromatopsie chez les Batraciens, les Crustacés et les Insectes. 1881, gr. in-8°, 112 pages................................ 3 fr. 50

Recherches pour servir à l'histoire du bâtonnet optique chez les Crustaces et les Vers. 1877, gr. in-8°, 81 pages, avec 3 planches coloriées................................. 3 fr.

Structure et développement des bâtonnets antennaires chez la Vanesse Paon-de-jour. 1883, in-4°, 20 pages, avec 2 planches.................................... 1 fr. 50

Recherches pour servir à l'histoire du noyau dans l'épithélium auditif des Batraciens. 1883, in-4°, 30 pages, 2 planches.......................................

Études histologiques et histogénétiques sur les glan[des] foliaires intérieures. Gr. in-8°, 23 pages, avec 4 pl. col.

Le Strongle paradoxal chez l'Homme. 1888, in-8°, 10 p.

Recherches sur l'Anguillule de l'Oignon. 1884, in-4°, 56 p. avec 2 planches coloriées......................... 2 fr. 50

Recherches sur le Tanguin de Madagascar. 1873, in-4°, 59 pages, avec 2 planches............................. 3 fr.

Recherches anatomiques sur les glandes odorantes des Mammifères. 1873, in-8°, avec 9 planches.............. 8 fr.

Étude sur le développement de l'ovule et de la graine dans les Scrofularinées, les Solanacées, les Borraginées et les Labiées. 1874, in-8°, avec 7 planches........................ 4 fr.

Recherches sur l'Anguillule de la Betterave. 1891, in-8°, avec 9 planches... 6 fr.

ANGERS, IMPRIMERIE LACHÈSE ET DOLBEAU, CHAUSSÉE SAINT-PIERRE, 4.

LA
CELLULE ANIMALE

SA STRUCTURE ET SA VIE

ÉTUDE BIOLOGIQUE ET PRATIQUE

PAR

JOANNES CHATIN

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris
Chargé du cours d'Histologie à la Sorbonne
Membre de l'Académie de Médecine

Avec 149 figures intercalées dans le texte



PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
RUE HAUTEFEUILLE, 19, PRÈS DU BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1892

PRÉFACE

Résumer sous leur forme la plus simple, et en les appliquant à l'histologie zoologique, les principes fondamentaux de la biologie cellulaire, tel est l'objet de ce livre.

On considère trop souvent ces questions comme arides, volontiers même comme transcendantes ; elles sont en réalité des plus faciles et des plus attrayantes. On le reconnaît surtout lorsque, contrairement à la méthode classique, on cesse de se confiner dans l'étude de l'espèce humaine pour étendre les observations aux divers types de la série animale. Immédiatement les difficultés s'aplanissent, les incertitudes se dissipent et les horizons s'élargissent.

J'espère que toutes les personnes qui ont bien voulu suivre mon cours à la Sorbonne, auront pu s'en convaincre à maintes reprises. Elles retrouveront ici nombre de faits que nous avons étudiés ensemble.

J'ai choisi les plus démonstratifs, afin de mettre

en évidence la véritable nature de la cellule, être vivant possédant son organisation propre et luttant pour l'existence avec des forces dont on ne soupçonne généralement ni la puissance, ni l'étendue.

Mon but serait doublement atteint, si j'arrivais à répandre ces notions parmi les lecteurs, de jour en jour plus nombreux, qui s'intéressent aux problèmes de la biologie et si je pouvais être utile aux élèves de nos Facultés des Sciences, en leur facilitant la préparation aux épreuves de la Licence et de l'Agrégation. C'est à eux surtout que j'ai pensé en rédigeant le dernier chapitre, *Étude pratique de la Cellule,* qui les initiera aux principes généraux de la technique.

Durant ces vingt dernières années, je me suis efforcé de contribuer, par de nombreuses recherches, aux progrès de l'histologie comparée; depuis 1877, je n'ai cessé de lui assurer constamment une large place dans mes leçons et mes conférences de la Sorbonne. Les pages suivantes offriront le reflet de ces travaux et de cet enseignement.

Décembre 1891.

JOANNES CHATIN.

LA CELLULE ANIMALE

SA STRUCTURE ET SA VIE

INTRODUCTION

CONCEPTION ACTUELLE DE L'ÊTRE VIVANT. — THÉORIE CELLULAIRE. — L'HISTOLOGIE ZOOLOGIQUE

Pour peu qu'on se soit occupé, même incidemment, d'histoire naturelle, on connaît la profonde révolution qui s'est opérée dans les sciences biologiques depuis un

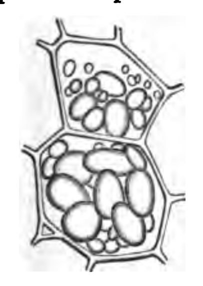


Fig. 1. — Deux cellules du tubercule de la Pomme de terre.

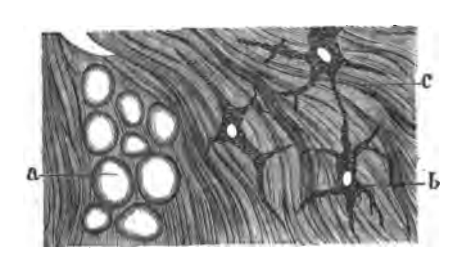


Fig. 2. — Tissu conjonctif : *a*, cellules adipeuses ; *b*, cellules pigmentifères ; *c*, substance fibrillaire.

demi-siècle. Nul n'ignore maintenant que le corps de l'animal ou de la plante se trouve formé par l'assemblage, par la réunion d'un nombre généralement considérable de parties constituantes (fig. 1 et 2), qui ont reçu

les noms d'*éléments histiques*, d'*éléments anatomiques*, de *cellules*, etc.

Chacun de ces éléments représente, en réalité, un être vivant jouissant de toutes ses propriétés essentielles, de sorte que la plante et l'animal doivent être regardés, au point de vue anatomique, comme une fédération de ces éléments plus ou moins variés dans leurs formes et leurs attributs ; de même leur activité n'exprime, pour le physiologiste, que la somme ou la résultante de ces vies individuelles coordonnées vers une fin commune.

Cette conception de l'être vivant, la seule qui soit en harmonie avec les légitimes exigences de la science moderne, implique donc la connaissance des parties premières dont l'agrégation forme l'organisme animal et végétal. Or, c'est à l'Histologie, une des plus jeunes branches de la biologie générale, qu'est dévolue leur étude. Ceci suffit à faire apprécier quelle importance elle présente pour le naturaliste, avec quelle absolue nécessité elle s'impose à son attention et doit prendre place dans le cadre de ses études.

Il n'en fut pas de même aux époques antérieures, non seulement parce que les instruments grossissants faisaient défaut ou ne se prêtaient à nulle observation sérieuse, mais surtout parce qu'on ne songeait aucunement à considérer l'être vivant, tel qu'il vient d'être défini.

L'évolution des idées fut même très lente à cet égard ; on le constate aisément en jetant un rapide coup d'œil sur le passé.

Les timides essais de Fallope au XVIe siècle peuvent être à peine revendiqués par l'anatomie générale ; ils ne sauraient l'être par l'histologie.

Il est permis de porter le même jugement sur Swammerdam, Leuwenhœck et Malpighi.

Loin de moi cependant la pensée de ternir la gloire de cette trilogie célèbre qui jetait presque simultanément à Leyde, à Amsterdam et à Bologne, les bases de la micrographie.

Qu'on célèbre l'ingéniosité de ces constructeurs habiles, la merveilleuse patience de ces observateurs infatigables, rien de plus juste. Quant à les vénérer comme les fondateurs et les pères de l'histologie, personne ne l'admettrait.

Bien que leur nom se trouve lié à la découverte de quelques éléments, tels que les globules du sang ou les spermatozoïdes, il est impossible de leur reconnaître des inspirations réellement scientifiques.

Sans insister sur leurs colossales erreurs, imputables pour une large part aux idées de l'époque, que dire de cette absence totale de méthode qui leur faisait rapprocher naïvement tout ce que le hasard amenait sous leurs yeux ? En décrivant ainsi pêle-mêle, dans les termes les plus fantaisistes, les trachées des plantes et celles des Insectes, le tartre des dents et le tartre du vin, ils n'arrivèrent qu'à jeter un discrédit complet sur les observations microscopiques ; cent cinquante ans plus tard, elles ne s'en étaient pas encore relevées et l'on verra le véritable fondateur de l'anatomie générale, éviter de recourir à un instrument qui semblait ne pou-

voir enfanter que les plus vaines illusions et les plus dangereuses méprises.

Toutefois, il est équitable de rappeler qu'à un certain moment, Malpighi cherche à établir quelque ordre dans ses observations et semble vouloir les orienter dans une direction qui l'eût peut-être rapproché de nos études actuelles. Je fais allusion à son *Anatomie des plantes*, présentée en 1670, à la Société royale de Londres, et dans laquelle il expose divers détails relatifs à l'organisation végétale, étudiée à l'aide du microscope.

Non seulement ces aperçus sont très vagues, mais il est d'autant plus difficile d'en attribuer le mérite à Malpighi, qu'il avait été précédé dans cette voie par Hooke, ainsi que j'aurai l'occasion de l'établir en retraçant l'histoire de la cellule. De même, en traitant du noyau, je devrai mentionner le nom de Fontana, presque seul à citer durant le XVIIIe siècle, dont l'histologie ne peut pas mieux se réclamer que des précédents et qui se termine au moment où paraissent les mémorables travaux de Bichat.

On ne saurait manquer de saluer ici sa trace lumineuse ; mais, essentiellement consacrée à l'espèce humaine, son œuvre ne touche que médiatement à l'histologie proprement dite.

Bichat ne put, en effet, descendre dans l'analyse intime des tissus, encore moins dans l'examen de leurs éléments, car il ne s'aida pas du microscope. Il n'eût certes pas négligé un tel auxiliaire pour peu qu'il eût jugé son intervention utile ; les enseignements du passé ne lui laissaient aucun doute sur ce point : avec les

instruments auxquels on devait encore recourir, nulle observation rigoureuse n'était possible et l'on ne devait en attendre que des mécomptes. Toute recherche sérieuse se trouvait ajournée au moment, d'ailleurs prochain, où le microscope aurait reçu les premiers perfectionnements indispensables.

Dès 1807, ils commencent à se réaliser progressivement avec Frauenhofer, Amici, Charles Chevalier, etc. Les lentilles achromatiques permettant alors d'accorder quelque rigueur aux recherches micrographiques, on se hâte de reprendre les essais tentés jadis pour pénétrer dans la structure intime des êtres vivants.

Les linéaments de l'histologie s'ébauchent, son nom apparaît, pour la première fois, en 1819, sous la plume de Ch. Mayer, de Bonn, et en 1822, Heusinger publie une *Histologie*, dans laquelle il entreprend de décrire les tissus, sans s'écarter, en réalité, de la classification et des caractères établis par Bichat.

Il ne saurait choisir un meilleur guide, car on est encore loin du moment où l'on pourra distinguer et classer les tissus d'après les seules données fournies par le microscope.

Cependant nous entrons dès maintenant dans notre sujet et nous voyons l'histologie se séparer peu à peu de l'anatomie générale (1). Elle tend à s'affirmer comme une science indépendante ; mais que de tâtonnements,

(1) Pour l'histoire commune de l'anatomie générale et de l'histologie, voir le très intéressant article de M. le professeur Mathias Duval, dans la *Revue scientifique*, janvier 1886.

que d'efforts elle devra susciter avant de parvenir à préciser ses résultats et à les réunir en un corps de doctrine !

La voie est d'abord tracée par les botanistes ; ils l'ouvrent même brillamment. Plusieurs circonstances leur viennent en aide : dans le champ de leurs études, ils ne trouvent pas des obstacles comparables à ceux qui entraveront les recherches parallèles des zoologistes ; puis, la science possède déjà des faits suffisants pour esquisser les principaux chapitres de l'histologie végétale.

Ces considérations ne doivent pas nous faire méconnaître l'importance des travaux que les botanistes ont alors si utilement multipliés ; nous aurons maintes fois à rappeler combien leur concours nous a été précieux, et nous devons proclamer qu'ils ont été les premiers à apprécier exactement la constitution de l'élément histique.

Ils en ont même, de fort bonne heure, précisé la véritable signification, car, en 1826, Turpin présente les cellules comme « autant d'individualités distinctes, formant par agglomération l'individualité du végétal ».

Schleiden professe en Allemagne les mêmes principes et Brisseau-Mirbel cherche à les répandre en France.

Dès cette époque, la *théorie cellulaire* se trouve donc nettement formulée à l'égard des végétaux (fig. 3). Pour les animaux, elle ne s'ébauche que plus lentement, en raison même des difficultés d'observation.

Blumenbach avait bien émis l'opinion que les tissus animaux devaient être formés de cellules comme les

tissus végétaux, mais il ne s'appuyait que sur des vues théoriques.

On ne saurait adresser la même critique à un savant français, dont le souvenir est trop rarement évoqué maintenant, bien qu'il ait pris une part active aux travaux qui se succédèrent vers la fin du premier tiers de ce siècle et qui décidèrent de l'avenir de l'histologie.

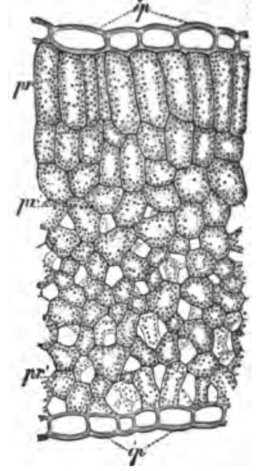


Fig. 3. — Coupe transversale d'une feuille de *Pelargonium inquinans*, montrant le parenchyme rameux ou lacuneux *pr'* qui en forme la plus grande partie ; *pr*, parenchyme supérieur à cellules oblongues ou ovoïdes ; *ép*, épiderme (Duchartre).

Poursuivant simultanément dans les deux règnes l'étude de l'anatomie microscopique, Dutrochet met hors de doute la texture cellulaire de différents organes qu'il fait connaitre avec une précision rare pour l'époque. Telle de ses descriptions, comme celle des glandes salivaires de l'Escargot, mérite justement d'être encore citée aujourd'hui.

Des faits qu'il a ainsi recueillis, il conclut que les êtres vivants sont organisés sur le même plan et que toutes leurs parties, procédant de la cellule, ne représentent qu'un tissu cellulaire plus ou moins modifié.

Cette relation ou, si l'on aime mieux, cette filiation était admise pour les plantes ; en ce qui concernait les animaux, il était plus difficile de l'accepter immédiate-

ment, car on ne discernait pas le lien génétique unissant chez eux les diverses formes tissulaires qui semblaient souvent s'écarter étrangement du type utriculaire des botanistes.

Une science nouvelle, qui ne datait réellement aussi que de peu d'années et dont les destinées ne devaient plus se séparer de celles de l'histologie, vint alors lui apporter un puissant appui.

Seule, l'embryologie comparée pouvait combler les lacunes auxquelles je viens de faire allusion.

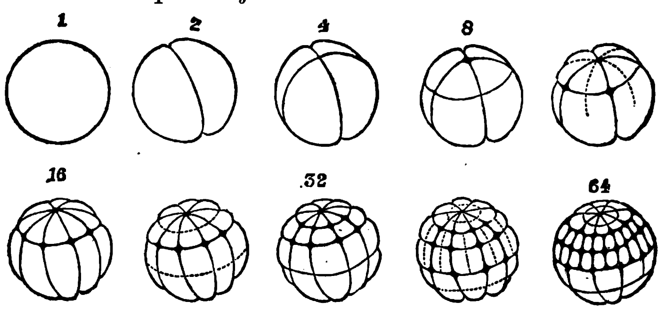


Fig. 4. — Segmentation de l'œuf de la Grenouille, d'après Ecker. Les numéros placés au-dessus des figures indiquent le nombre des segments du stade figuré.

Les découvertes de Prévost et Dumas, de Baër, etc., sont trop connues pour qu'il soit nécessaire de les exposer ; mais il importe de rappeler combien la notion de la segmentation de l'œuf, en établissant que tous les éléments dérivent d'une cellule par voie de partition et de différenciation (fig. 4), contribua à déchirer le voile qui masquait encore leur commune origine.

Reprenant la thèse de Dutrochet, Schwann s'attache à faire disparaître les principales dissemblances signa-

leés entre les tissus des végétaux et ceux des animaux. Un exemple suffira à faire apprécier l'esprit et la portée de ses recherches.

Depuis longtemps, les botanistes décrivaient sous le nom de « fibres », des éléments allongés que l'on considérait comme propres aux plantes (fig. 5). Schwann

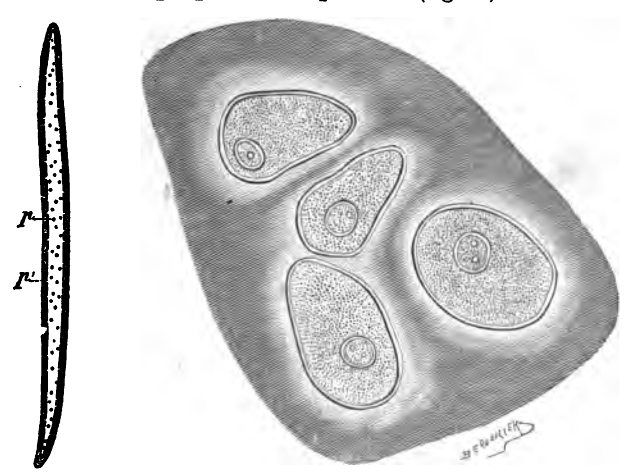


Fig. 5. — Une fibre du prosenchyme, prise dans le *Bragantia tomentosa*. — *p*, *p'* ponctuations (DUCHARTRE).

Fig. 6. — Cellules cartilagineuses, avec noyau très apparent (J. RENAUT).

montre que cette forme s'observe également chez les animaux ; il insiste à dessein sur des fibres dentelées qu'il découvre dans le cristallin des Mammifères et qui reflètent l'aspect de certaines fibres végétales.

D'autre part, il signale, dans les cellules cartilagineuses, un noyau (fig. 6) semblable à celui qu'on a

observé déjà dans les cellules des plantes et que Valentin retrouvera bientôt dans les cellules épidermiques où il est facile à distinguer.

Ce serait anticiper sur l'étude particulière de la cellule que d'entrer dans le détail des faits qui viennent ainsi prouver sa généralité d'existence chez les êtres vivants. D'ailleurs, considérée en elle-même, elle est encore fort mal connue et les naturalistes s'en font une idée assez inexacte.

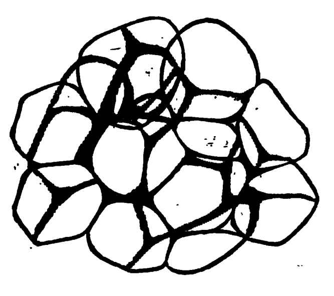


Fig. 7. — Vésicules adipeuses accolées les unes contre les autres et semblant se résumer en une membrane pariétale.

Ils la regardent comme essentiellement caractérisée par sa paroi (fig. 7); aussi s'appliquent-ils à décrire celle-ci avec une minutie enfantine, relevant les moindres marques extérieures qui peuvent y être tracées. On présente cette membrane cellulaire comme constante, on n'admet pas qu'un élément en soit dépourvu ; le terme de « cellule » est pris dans son acception littérale et absolue. Pour ce qui peut se trouver dans la cavité ainsi décrite comme fatalement close, on ne s'en préoccupe pas. A peine y mentionne-t-on, çà et là, un noyau, comme une particularité secondaire ou accidentelle. Quant à la masse incluse dans la paroi et entourant à son tour ce noyau, on ne lui accorde aucune attention ou plutôt on évite

de s'expliquer sur la nature de ce « contenu cellulaire ».

La partie essentielle de la cellule se trouve ainsi complètement méconnue. C'est à un zoologiste français, à Félix Dujardin, que revient le mérite, on peut dire la gloire, de l'avoir révélée et d'avoir mis en lumière les attributs fondamentaux de la substance vivante.

Jusqu'ici, les investigations avaient été exclusivement poursuivies sur des animaux plus ou moins supérieurs. Chez eux, en raison de la valeur acquise par les divers organes de l'économie, en raison de la différenciation corrélativement imprimée aux éléments qui entrent dans leur constitution, on ne pouvait que difficilement interpréter les phénomènes de la vie cellulaire. Dujardin apprécie ces considérations avec sa haute perspicacité et, quittant le sillon sur lequel on s'épuiserait actuellement en vain, il dirige ailleurs ses recherches.

C'est aux êtres les plus inférieurs qu'il s'adresse pour leur demander les notions qui devront être ultérieurement étendues aux autres représentants de la série zoologique. Il s'inspire ainsi des vrais principes de la méthode scientifique, s'élevant du simple au composé.

Dujardin les connaît admirablement, ces êtres inférieurs, car il les étudie depuis de longues années avec une inaltérable patience et avec un succès qui ne se dément guère. Leur biologie lui est familière, qu'il s'agisse d'êtres naturellement simples ou d'êtres originellement plus élevés, mais que le parasitisme a dégra-

dés en leur imprimant son stigmate indélébile. Personne ne se trouve donc mieux préparé à ces délicates analyses ; entre ses mains habiles, elles ne vont pas tarder à produire les plus féconds résultats.

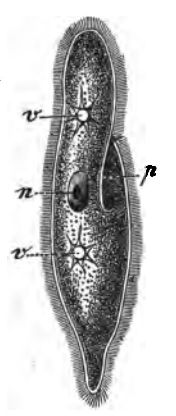


Fig. 8. — Un Infusoire (*Paramecium Aurelia*). — *n*, noyau ; *p*, péristome ou bouche; *v*, vésicule contractile.

Il est un groupe sur lequel, depuis deux siècles, l'attention est sans cesse retenue ; d'innombrables observations se sont succédé, sans arriver à faire réellement connaître ces singuliers Infusoires (fig. 8), à l'abri desquels les derniers défenseurs de l'hétérogénie essayent, en ce moment même, de relever leurs fragiles retranchements. Doit-on n'y voir que de simples monades inorganisées ? Faut-il, au contraire, admettre la constitution dont Ehrenberg vient de les doter et qui exprimerait une supériorité telle que certains Vertébrés, spécialement les Ruminants, pourraient seuls leur être comparés ?

Félix Dujardin ramène les faits à leur exacte valeur : l'Infusoire est un être vivant, un animal souvent assez compliqué en apparence, mais toujours unicellulaire. Il représente une cellule isolée, libre dans le milieu ambiant, s'y déplaçant, s'y nourrissant, s'y reproduisant et luttant pour l'existence, avec les seules forces de la cellule.

Pour apprécier ces forces et juger de leur puissance,

il n'y a qu'à imiter Dujardin et à jeter les yeux sur l'organisation de l'Infusoire : la carapace qui le protège, les appendices qui lui permettent de se mouvoir ou de saisir sa proie, les vésicules contractiles qui règlent la composition de son milieu intérieur, tout, en un mot, émane uniquement du corps de la cellule, de sa portion centrale souvent granuleuse et toujours contractile, d'où le nom de *sarcode* (σαρκωδης, charnu, musculaire) que lui donne l'habile micrographe.

Avec une remarquable intuition, il établit ainsi que les diverses parties de la cellule dérivent de cette région somatique et non de la paroi à laquelle on n'a cessé d'attribuer la première place et que Dujardin n'hésite pas à décrire comme une formation secondaire, au même titre que les appendices, etc.

C'est donc la substance sarcodaire qu'il importe d'examiner attentivement ; Dujardin se demande si d'autres êtres, plus inférieurs, ne pourraient pas la lui présenter toute nue, dépouillée des différentes productions qui la masquent plus ou moins profondément chez l'Infusoire.

Ses prévisions sont bientôt justifiées : de curieux animalcules, célèbres par leurs perpétuels changements de forme, les Protées ou Amibes (fig. 9), se montrent à lui comme des êtres « sarcodiens », c'est-à-dire uniquement formés par la substance vivante dont les diverses propriétés s'y manifestent avec une admirable harmonie : l'Amibe ingère des aliments, s'incorpore leur partie alibile, rejette leur partie inutilisable ainsi que les excreta

corrélatifs de cette nutrition, puis il s'accroît, atteint sa taille limite et se reproduit.

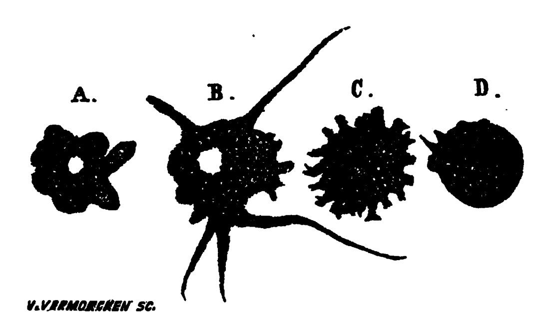


Fig. 0. — Amibe vu sous diverses formes (A, B, C, D) successivement présentées pendant un quart d'heure (400/1).

Est-il besoin d'ajouter que l'Amibe offre des mouvements de contraction dans sa masse et de translation dans l'espace? On le pressentait déjà par le critère même du sarcode ; mais, particularité plus inattendue, on voit cet Amibe répondre aux agents extérieurs, réagir contre les diverses excitations ambiantes. Tous les attributs de la vie, sans en excepter le plus subtil, la sensibilité, se trouvent donc réunis dans cette humble gouttelette de sarcode ou, comme nous disons aujourd'hui, de protoplasma.

Dujardin peut alors revenir aux Infusoires et affirmer, d'une façon désormais irréfutable, que leur partie centrale ou sarcodique est seule essentielle et fondamentale ; il va même plus loin, car, appliquant ces notions aux éléments agrégés pour former le corps des

êtres pluricellulaires, il montre que telle est partout leur constitution.

La définition classique de la cellule doit dès lors être modifiée ; l'on ne saurait maintenir plus longtemps à sa paroi la prééminence qu'on lui a accordée jusque-là. Leydig proclame sa déchéance dans des termes qui méritent d'être rappelés : « Le contenu des cellules est *plus élevé en dignité* que la membrane, car il est le siège de l'irritabilité et de la contractilité. »

C'est en s'inspirant ainsi des conclusions de Dujardin que Leydig réunit les matériaux de son *Traité d'histologie comparée*, dont l'intérêt est aujourd'hui purement rétrospectif, mais qui rendit durant quelques années de réels services.

La science qui va nous occuper est donc définitivement constituée ; il ne reste qu'à explorer son domaine. Les recherches se multiplient ; devenant de plus en plus délicates, elles s'efforcent d'acquérir une précision de plus en plus parfaite.

Il faut saisir, en quelque sorte malgré lui, l'élément anatomique, puis l'interroger dans ses moindres détails. Pour y parvenir, on doit instituer progressivement une minutieuse technique qui s'affirme au bout de quelques années par d'importantes découvertes.

Notre pays peut fièrement en revendiquer une large part, car la liste serait longue des remarquables travaux publiés sous l'active et féconde direction de M. le professeur Ranvier. L'école française qu'il a fondée, et qui s'est si brillamment développée sous sa

puissante impulsion, n'a rien à redouter de la comparaison avec aucune autre.

Je me défendais de vouloir retracer l'histoire de l'histologie zoologique; on me pardonnera donc de m'être borné à ce rapide aperçu dans lequel j'ai simplement esquissé, à grands traits, les phases principales de son évolution.

Son importance, le droit qu'elle a de figurer désormais dans nos études, ne sauraient être contestés. Ainsi que l'a justement dit Claude Bernard, « la cellule est l'image de tout organisme, si élevé qu'on veuille le choisir. » De fait, il est impossible d'aborder actuellement un sujet quelconque de biologie sans avoir à faire intervenir les notions de structure et de vie cellulaires qui vont être exposées ici.

Je serais heureux de faire naître cette conviction chez toutes les personnes qui s'occupent d'histologie, en leur montrant l'intérêt qu'il y a pour celle-ci à ne négliger aucun des types zoologiques et à étendre les limites dans lesquelles on restreint trop souvent les recherches qui semblent constamment vouées à quelques animaux dits de laboratoire, toujours les mêmes, toujours d'une organisation élevée.

On s'explique ainsi comment de nombreuses questions, après être demeurées longtemps obscures, se trouvent élucidées dès qu'on varie les sujets d'observation, surtout dès qu'on les emprunte aux groupes inférieurs, trop dédaignés, et dont l'étude est cependant si hautement instructive. Quelques exemples suffisent à l'établir.

Prenons d'abord le cas le plus simple, celui d'un débutant voulant se rendre compte des parties constitutives de la cellule. Il tâche de les découvrir sur les rares éléments que lui indiquent à cet égard les livres classiques : cellules épithéliales de la langue des Mammifères, queue des Batraciens urodèles, etc. Il n'obtient trop souvent que des résultats grossiers et confus ; bientôt découragé, il abandonne ses tentatives infructueuses. Qu'il prenne au contraire la plus vulgaire des Éponges, la Spongille d'eau douce, et il sera surpris de la facilité avec laquelle apparaîtront les détails qu'il désespérait de pouvoir observer.

S'il veut étudier une cellule offrant, en outre de ses parties essentielles, certains produits dus à son activité fonctionnelle, qu'il dilacère le foie d'un Gastéropode comme la Testacelle, et il arrivera aisément à distinguer le corps cellulaire des diverses formations auxquelles il a donné naissance.

Fig. 10. — Cellule antennaire d'un Papillon, la Vanesse Paon-de-Jour, montrant même à un faible grossissement la structure du noyau *n* ; *p*, protoplasma somatique de la cellule ; *a*, amas pigmentaires. (Joannes Chatin).

S'agit-il d'examiner le noyau ? Tel groupe, celui des Arthropodes en particulier, s'y prête merveilleusement (fig. 10), et je ne puis comprendre comment on ne le met pas journellement à contribution pour l'analyse de l'appareil nucléaire, si délicate chez les Vertébrés. L'histologie comparée ne se borne pas à apporter ici un précieux concours : elle nous

enseigne quelle réserve s'impose dans ces questions nées d'hier et qui eussent gagné à être d'abord examinées chez les animaux inférieurs. Bien des notions regardées comme acquises se montrent indéfendables dès qu'on cherche à les appliquer à telle ou telle famille de Protozoaires, etc.

Les mêmes remarques s'imposent si l'on considère, non plus la cellule en général, mais un élément déterminé, la cellule nerveuse par exemple. On sait de quelles difficultés son interprétation se trouve entourée chez les Mammifères et les Oiseaux ; considérez-la chez les Sélaciens et vous serez étonnés de la rapidité avec laquelle vous apprendrez à la connaître tout entière.

Son étude devient même particulièrement intéressante chez les Invertébrés. Naguère encore, invoquant des faits signalés par l'histologie humaine, on admettait une espèce distincte d'élément nerveux qui eût été représentée par un simple noyau complètement nu, sans protoplasma ambiant. On avait donné à cette forme histique le nom de *myélocyte* et l'on avait cru pouvoir lui attribuer une très haute valeur fonctionnelle, puisqu'on la décrivait comme l'élément premier et fondamental du tissu nerveux, comme le siège de la perception sensitive, etc. D'interminables discussions s'étaient ouvertes à son sujet et se prolongeaient d'autant plus que les recherches demeuraient circonscrites dans le même cercle, limitées aux mêmes types. Dès qu'on les étendit aux Invertébrés, on vit se modifier intégralement l'idée qu'on se faisait des myélocytes : ces

prétendus noyaux libres étaient en réalité de vraies cellules ; de plus, tous les états de passage s'observant entre la cellule nerveuse classique et le prétendu myélocyte (fig. 11), on dut renoncer à le présenter comme une espèce histologique particulière, pour ne plus y voir qu'une des formes secondaires de l'élément nerveux. Cette conclusion, chacun l'admet maintenant pour les Vertébrés comme pour les Invertébrés ; mais c'est surtout l'étude de ceux-ci qui a permis de la formuler définitivement.

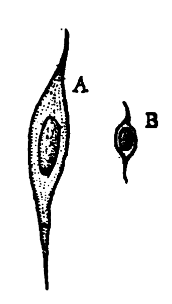


Fig. 11. — Éléments nerveux d'une Linguatule : A, cellule nerveuse bipolaire de dimensions normales ; B, cellule nerveuse bipolaire, petite et à gros noyau (type histique dit myélocyte). (Joannes Chatin).

De la cellule nerveuse, passons à la fibre nerveuse. Rien ne semble plus tranché pour l'anthropotomiste que la distinction qu'il établit entre la fibre sans myéline et la fibre à myéline (fig. 12 et 13). Mais interrogeons les Lamellibranches, les Gastéropodes ou certains Insectes ; nous y trouverons tous les états de passage : ici de simples granulations myéloïdes apparaissent sur une fibre pâle ; là elles tendent à s'agglomérer ; ailleurs un manchon de myéline commence à s'ébaucher, plus loin il est complètement formé. Qui ne voit dès lors tout le concours que l'anatomie générale et l'histogénèse peuvent attendre de l'histologie comparée ?

Pour les terminaisons nerveuses, mêmes résultats. N'est-ce pas chez un Rotifère que l'on a réussi à obser

ver pour la première fois les terminaisons motrices? Quant aux terminaisons sensitives intra-épidermiques, nous savons tous au milieu de quelles vicissitudes s'est

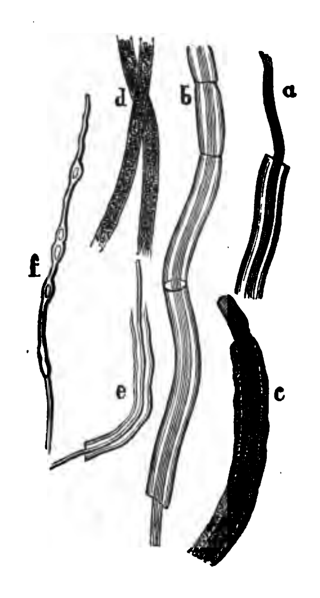


Fig 12. — Fibres nerveuses à myéline : *a* et *b*, fibres de la Grenouille ; *c*, fibre du *Petromyzon*; *d*, fibres prises dans le nerf olfactif du veau ; *e*, *f*, fibres prises dans le cerveau de l'homme (Frey).

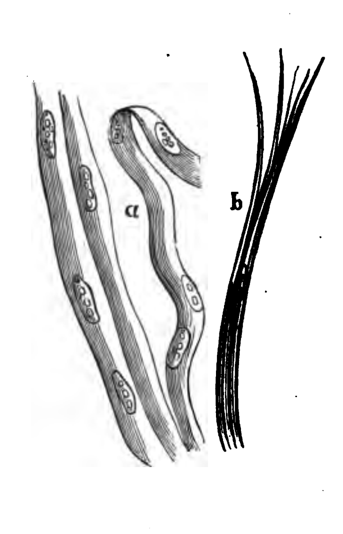


Fig. 13. — Fibres nerveuses sans myéline et avec noyaux très apparents : *a*, fibres aplaties ; *b*, fibre divisée en fibrilles (Frey).

poursuivie leur étude. Tant qu'on s'est borné à l'examen des Mammifères, on n'a recueilli que des faits vagues et douteux; ils se sont trouvés indiscutables

dès qu'on en a demandé la démonstration à des animaux moins élevés en organisation.

C'est également par cette méthode qu'on peut mettre en évidence l'intime parenté des tissus dits de la *substance conionctive*. Si l'on veut les étudier méthodiquement, il faut examiner d'abord le plus simple d'entre eux, le tissu gélatineux ; mais il est rare chez les types supérieurs, souvent contestable ou limité à certaines époques du développement.

Comment apprendre à le connaître en lui-même, puis dans ses variations et ses affinités avec d'autres tissus?

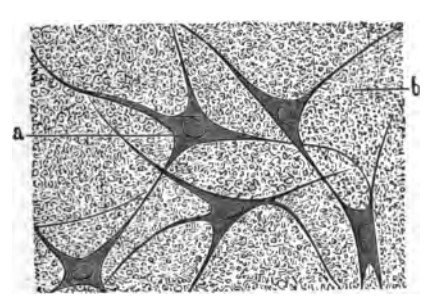


Fig. 14. — Tissu gélatineux : *a*, cellules conjonctives ; *b*, substance intercellulaire.

Il suffit de le rechercher sur les Invertébrés, où il se montre fort abondant et où nous pouvons l'observer chez des êtres si nombreux que nous n'avons que l'embarras du choix : Méduses (fig. 14), larves d'Échinodermes, etc., nous le fournissent à profusion et nous permettent de poursuivre l'analyse des divers tissus qui en dérivent. Les liens qui les unissent n'apparaîtront

jamais plus clairement que chez les êtres inférieurs ; cette remarque est constante, qu'il s'agisse de rapprocher le tissu gélatineux du tissu conjonctif, de passer de celui-ci au tissu élastique ou au tissu cartilagineux. Les Annélides doivent être particulièrement recommandées pour ces études comparatives.

Si l'on veut montrer les connexions qui unissent le tissu cartilagineux au tissu osseux, on peut utilement invoquer les faits que révèle l'histologie des organes de soutien chez les Céphalopodes et chez les Chimères. Les résultats ainsi obtenus sont même plus démonstratifs que ceux qui seraient fournis par l'étude des divers processus de l'ossification. A propos de celle-ci, est-il nécessaire de rappeler de quelle vive lumière elle s'est éclairée, dès qu'on a cherché à l'observer chez les Vertébrés inférieurs ?

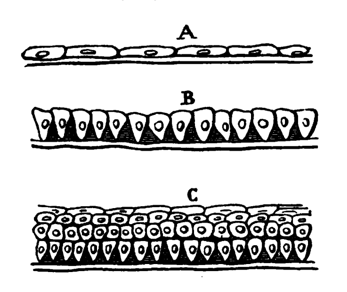


Fig. 15. — Épithéliums : A, épithélium pavimenteux ; B, épithélium cylindrique ; C, épithélium stratifié (Kuss).

Une autre classe de tissus, celle des épithéliums (fig. 15), montrerait mieux encore, s'il en était besoin, l'importance de l'histologie zoologique. C'est ici surtout que les faits sont trop nombreux pour être résumés dans un exposé sommaire.

Jamais on ne peut mieux apprécier l'infinie variété d'adaptation de la cellule épithéliale qu'en la suivant

dans la série des Invertébrés. Jamais on ne comprend mieux comment de légères modifications de forme ou de rapports suffisent pour métamorphoser selon les cas cette cellule en un élément de protection, de défense, de sensibilité, de sécrétion, etc. C'est là surtout qu'on peut voir quelle faible distance sépare un tissu indifférent d'un organe spécialisé dans sa fonction, défini dans sa forme. L'étude du manteau des Mollusques permet de le constater à chaque instant.

Je viens de parler des organes. Leur signification demeurerait souvent des plus obscures, si nous n'avions pour nous guider les faits révélés par l'histologie comparée.

L'histoire du foie des Vertébrés est à cet égard particulièrement instructive. Autrefois, quand on ne lui connaissait qu'un seul produit, la bile, on le décrivait comme une glande en grappe, sécrétant cette humeur dans ses acini. A l'époque où les admirables travaux de Claude Bernard montrèrent qu'il produisait, en outre, du glycogène, on s'efforça de superposer une dualité histique à la dualité fonctionnelle qui venait d'être ainsi découverte. Le foie devint alors une glande double : glande en tube ou en réseau, constituée par les canalicules biliaires et fournissant la bile ; glande close, représentée par les cellules hépatiques et formant le glycogène.

Des protestations ne tardèrent pas à s'élever : on montra que le rôle des cellules hépatiques ne pouvait être limité à la production du glycogène ; on dut

enlever à la glande en tube certains de ses attributs pour les reporter sur la glande close. Ainsi modifiée, la conception première demeurait aussi peu acceptable, et finalement elle fut abandonnée.

Aujourd'hui on s'accorde à décrire le foie comme représentant dans son ensemble une glande tubuleuse ; mais que de difficultés, dès qu'on tente d'analyser sa structure, d'apprécier exactement la constitution des cylindres hépatiques, leur mode de vascularisation et les rapports de leurs cellules ! On n'a réellement commencé à entrevoir la vérité que du jour où l'on a étendu les recherches aux différentes classes de l'embranchement (fig. 16) ; c'est en rapprochant les faits observés chez les Batraciens, les Chéloniens, les Ophidiens, les

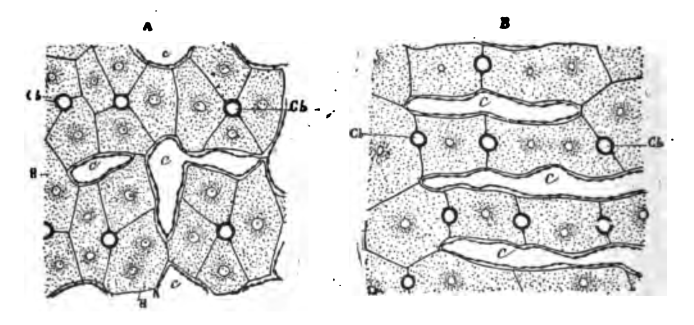


Fig. 16. — Foie des Vertébrés : A, chez la Grenouille ; B, chez l'Homme. — *c*, capillaires sanguins ; *Cb*, canalicules biliaires intralobulaires ; H, cellules hépatiques.

Sélaciens, etc., qu'on a pu décrire avec quelque rigueur une glande, la plus volumineuse de l'organisme, qui

jusque-là avait constamment défié les efforts des micrographes.

Dans un autre ordre d'idées, il serait facile de montrer quelle vive lumière l'histologie a jetée sur plusieurs points litigieux de la taxinomie, parvenant seule à déceler les affinités réelles de différents types dont la place zoologique demeurait incertaine et ne put être déterminée exactement que par ces études complémentaires. De tels faits sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler; la démonstration doit être d'ailleurs maintenant complète pour les naturalistes, comme pour les anatomistes.

Il est d'autres esprits que je désirerais également convaincre. A notre époque, on dénigre volontiers certaines sciences, on les accuse d'être purement spéculatives et de ne recevoir aucune application pratique. L'histologie zoologique peut-elle encourir et mériter ce reproche? Je ne le pense pas, et, s'il était nécessaire de l'en disculper, je n'aurais qu'à invoquer un fait d'actualité dont les journaux nous entretenaient récemment.

On y lisait que les cultures betteravières du nord de la France étaient gravement compromises et que l'on constatait dans la production sucrière une diminution telle que les agriculteurs de la région demandaient à être déchargés d'une partie de leurs impôts.

La betterave est, en effet, exposée aux attaques de plusieurs parasites, et l'un d'eux, trop longtemps négligé, exerce des ravages souvent considérables. C'est une Anguillule, offrant un dimorphisme sexuel des

plus extraordinaires : seul, le mâle conserve l'aspect normal et filiforme d'un Nématode ; quant à la femelle adulte, elle s'arrondit au point de représenter une sorte de petit citron microscopique, blanchâtre et rempli d'œufs (fig. 17).

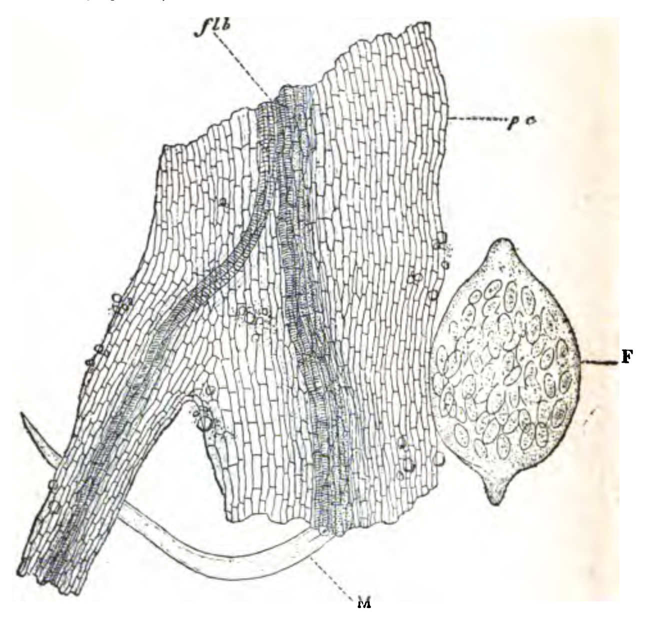


Fig. 17. — Anguillule de la Betterave (*Heterodera Schachtii*) ; coupe dans une radicelle attaquée par le parasite et montrant, auprès d'un mâle adulte et filiforme (M), une femelle également adulte, mais revêtant l'aspect d'un citron (F) ; *flb*, faisceaux libéro-ligneux de la radicelle ; *pc*, son parenchyme cortical.
(Joannes CHATIN).

Non seulement il est impossible de comprendre cette profonde dissemblance entre les deux sexes, si l'on

n'étudie avec soin la structure de leurs téguments et si l'on n'observe attentivement les phénomènes d'histolyse qui s'y succèdent; mais, considération plus importante au point de vue prophylactique, les notions ainsi recueillies sont indispensables pour déterminer l'époque où la femelle fécondée peut être sûrement atteinte. Avant de chercher à combattre un parasite, il faut apprendre à le bien connaître; ici, l'étude des mœurs et du développement serait insuffisante, l'histologie doit intervenir, affirmant ainsi de quel secours elle peut être au point de vue pratique.

Mon plus grand désir serait de contribuer à faire aimer une science qui, en dehors des applications dont elle est susceptible, possède un attrait des plus vifs, ne cessant de nous présenter des faits toujours intéressants et souvent nouveaux. On va pouvoir s'en convaincre aisément en étudiant la cellule animale dans son organisation et dans ses manifestations vitales.

CHAPITRE PREMIER

DE LA CELLULE EN GÉNÉRAL

Les pages précédentes ont montré par quels efforts successifs l'esprit humain s'était élevé à l'exacte conception de la structure intime des êtres vivants, comment s'était progressivement constituée une science qui, jeune encore, voit son importance grandir de jour en jour.

Si rapide qu'il ait été, ce coup d'œil rétrospectif permet déjà de pressentir la haute valeur de la cellule. Suivant le mot de Claude Bernard, elle est l'image de tout organisme.

L'être le plus complexe ou le plus gigantesque ne représente qu'un agrégat de cellules ; en outre, il dérive toujours, originellement, de la cellule.

Ainsi que le dit justement Hæckel, nous sommes impuissants à dénombrer les myriades d'éléments

réunies pour former le corps d'un Chêne, d'une Baleine ou d'un Éléphant, mais nous savons qu'au début de sa vie chacun de ces géants du règne animal ou végétal n'était qu'une humble cellule.

Non seulement ces notions sont admises aujourd'hui par tous les naturalistes, mais on peut dire qu'elles dominent l'ensemble de la biologie moderne. C'est en les invoquant que nous expliquons les actes essentiels de la nutrition ; seules, elles nous ont permis de percer le mystère si longtemps impénétrable de la fécondation. Elles ont fondé la physiologie générale et transformé la pathologie.

Aussi doit-on procéder méthodiquement pour apprendre à connaître la cellule animale. Afin d'y parvenir, il convient de retracer d'abord son histoire, puis de l'examiner dans ses caractères extérieurs et dans sa structure intime. L'étude de la vie cellulaire complètera cet exposé que je m'efforcerai de rendre aussi clair que possible. C'est dire que je laisserai de côté l'inextricable synonymie sous laquelle divers auteurs semblent vouloir accabler le lecteur, s'efforçant de forger à chaque instant des mots nouveaux pour des faits qui souvent le sont infiniment moins.

Parmi les expressions employées, je choisirai celles qui ont la priorité, ou, à date égale, celles qui expriment le plus nettement les caractères qu'elles doivent rappeler.

1. — NOM DE LA CELLULE

Tout d'abord, comment ce terme de *cellule* a-t-il été introduit dans le langage scientifique? D'après les Traités classiques, Brisseau-Mirbel eût été le premier à en faire usage, vers le commencement du siècle actuel.

Rien n'est moins exact : on trouve cette expression employée, dès le début des études micrographiques, par un émule de Malpighi, par Hooke dont j'ai déjà rappelé le nom et les travaux.

En 1665, ce naturaliste mentionne formellement les « cells and pores » de la plante, les comparant dans leur ensemble aux alvéoles d'un gâteau d'Abeille.

Ainsi qu'on aura fréquemment l'occasion de le constater, le mot *cellule* aurait dû être abandonné depuis longtemps ; il n'est plus qu'un legs du passé et ne répond guère, surtout en histologie zoologique, à la véritable constitution des éléments qu'il sert à désigner.

Pour l'établir, il suffit de résumer sommairement l'histoire de la cellule, histoire qui ne peut d'ailleurs être ici que très brièvement esquissée.

La nature et le cadre de ce livre ne permettent pas d'y introduire de longs aperçus historiques, si intéressants et si instructifs qu'ils puissent être. D'autre part, je crois inutile de revenir sur les détails exposés dans le tableau qui vient d'être tracé des progrès généraux de l'histologie.

Il s'agit, en effet, maintenant de l'histoire particulière de la cellule et si certains noms déjà cités viennent y occuper la place qui leur appartient légitimement, on en trouvera d'autres qui apparaîtront pour la première fois, intimement associés au souvenir des découvertes dont l'ensemble se résume dans la notion actuelle de l'élément histique.

2. — HISTOIRE DE LA CELLULE

Première période (1665-1835). — La comparaison établie par Hooke entre les cellules de la plante et les alvéoles d'un gâteau d'Abeille, suffit à montrer quelle idée il s'en fait.

Pour lui, les cellules sont des cavités juxtaposées et creusées dans une masse fondamentale. Non seulement il ne soupçonne pas qu'elles puissent posséder la moindre individualité, mais il ne leur accorde même pas de paroi propre.

Celle-ci semble admise par quelques-uns de ses contemporains : peut-être par Malpighi, plus affirmativement par Leuwenhœck.

Quant à reconnaître une structure aux cellules ou plutôt aux vésicules ou utricules, car ces expressions ont remplacé presque aussitôt celle de Hooke, tombée dans l'oubli, on n'y songe guère. A peine indique-t-on parfois un « liquide intravésiculaire. »

Un observateur habile du XVIII[e] siècle entrevoit cependant quelques détails exacts. Je disais que le nom de Fontana était seul à mentionner durant cette période. J'ajoute que c'est avec éloge qu'on doit évoquer son souvenir.

Dans ce curieux *Traité du venin de la Vipère*, qui témoigne d'un réel esprit scientifique et qui permet de le placer bien au-dessus de la plupart des naturalistes de son temps, Fontana représente, dans le liquide intracellulaire, un *corps oviforme pourvu d'une tache en son milieu.*

Qu'est-ce que ce corps oviforme? C'est le noyau de la cellule.

Qu'est-ce que la tache visible en son milieu? C'est un nucléole.

Fontana va plus loin : il semble vouloir scruter la constitution du contenu cellulaire ; de fait, il figure des corpuscules graisseux dans les cellules adipeuses.

Il analyse même les caractères morphologiques de certains éléments, indiquant les stries des fibres musculaires, esquissant la structure filamenteuse des nerfs, etc.

On trouve, au cours de ses recherches, la preuve de certains essais de microchimie : Fontana emploie des acides, des alcalis, des teintures comme le sirop de violettes ; aussi parvient-il à voir quelques-uns des produits de la cellule végétale.

Certes, toutes ces données sont encore fort imparfaites, mais elles marquent un progrès considérable

pour l'époque et l'on doit regretter que les résultats obtenus par Fontana aient été méconnus non seulement par ses contemporains, mais aussi par divers micrographes du XIXe siècle.

Lorsque, vers le début de celui-ci, Brisseau-Mirbel introduit de nouveau dans la science le terme de *cellule*, qu'il n'a pas le mérite d'avoir créé, il ne réussit même pas à le rajeunir ou à le définir en l'appuyant de quelques faits nouveaux. A beaucoup d'égards, Brisseau-Mirbel se montre inférieur à Fontana.

Ainsi que je l'ai dejà rappelé, c'est pourtant aux botanistes que doivent être rapportées les premières notions exactes sur la cellule. L'un d'eux, Robert Brown, s'attache particulièrement à son étude et recueille plusieurs observations intéressantes. Comparant divers types de cellules végétales, il pressent peut-être l'importance du noyau ; dans tous les cas, il l'apprécie assez heureusement, se refusant à le considérer comme un corpuscule accidentel et le décrivant comme partie intégrante de l'élément.

Schwann retrouve ce noyau dans quelques cellules animales ; mais nous avons vu combien le rôle des zoologistes est alors effacé ; ils se bornent à appliquer les données recueillies par les botanistes.

Toutefois, ils ne tarderont pas à prendre leur revanche ; le point essentiel pour nous, actuellement, est de préciser l'état de la question à la fin de cette première période.

La théorie cellulaire s'est peu à peu constituée grâce

aux travaux de Turpin, de Schleiden, de Robert Brown et des autres botanistes; les zoologistes, comme Dutrochet et Schwann, se sont efforcés de l'étendre aux êtres de la série animale.

Quant à l'idée qu'on se fait alors de la cellule, elle semble justifier l'emploi de ce terme : cavité limitée par une membrane d'enveloppe et renfermant un contenu indéterminé, dans lequel flotte le noyau.

Cette conception nous paraît aujourd'hui bien grossière et pourtant elle est chronologiquement assez rapprochée de nous, car c'est en 1835 que se clôt la première période. Une opinion la domine et la caractérise : prééminence de la membrane cellulaire.

Deuxième période (1835-1875). — Les observations micrographiques n'ont cessé de se poursuivre depuis près de deux siècles, la notion de la cellule commence à se vulgariser et cependant on ne sait encore rien de sa constitution interne.

Toujours malheureux dans le choix de ses expressions, Brisseau-Mirbel s'est contenté de désigner le contenu cellulaire sous le nom de *cambium*, terme qui reçoit des autres botanistes une acception toute différente.

Pour Schleiden, c'est du *mucilage* et cette expression suffit à montrer l'idée singulièrement vague qu'il s'en fait.

Mais nous voici en 1835 et nous savons quelles découvertes mémorables vont marquer le début de cette

seconde période, donnant la plus féconde impulsion aux études histologiques et modifiant de fond en comble toutes les idées admises sur la signification de la cellule.

Nous avons vu comment, à ce moment même, Dujardin révèle brusquement la haute valeur du contenu cellulaire, si dédaigné jusqu'à lui.

Dujardin le différencie d'abord du mucilage, de l'albumine, de la gélatine, du mucus, etc., avec lesquels on l'a si longtemps et si grossièrement confondu.

Non seulement il peut justement doter le sarcode de l'Amibe de tous les attributs de la vie, mais il parvient à l'identifier avec le contenu, ou plutôt avec le corps des cellules agrégées pour former les tissus de l'homme et des animaux.

C'est donc bien Dujardin qui brise le premier ce moule schématique dans lequel on a, jusqu'alors, renfermé la cellule d'une façon si générale qu'il pouvait paraître immuable. De fait, cette opinion avait été admise par tous les observateurs, sans en excepter ceux qui avaient montré relativement le plus de perspicacité dans l'interprétation des éléments végétaux et animaux.

Pourquoi faut-il ajouter que les admirables travaux de Dujardin ne rencontrent nullement, lors de leur publication, l'accueil qui leur est dû ? Mal préparés à en comprendre la portée, les savants de l'époque, naturalistes et médecins, ne semblent préoccupés que d'en combattre les conclusions.

Dans le chapitre précédent, j'avais évité de relever cette regrettable attitude dont le souvenir n'aurait pu qu'assombrir le tableau si brillant des progrès et des succès de l'histologie.

On doit cependant d'autant moins la passer sous silence, que ses conséquences ont été des plus fâcheuses et que ses effets subsistent encore aujourd'hui.

Pourquoi n'avoir pas maintenu au corps cellulaire ce nom de *sarcode* qui exprime si bien le plus tangible de ses attributs fondamentaux et qui possède une incontestable priorité ?

C'est, hélas ! dans l'espoir d'effacer toute trace des découvertes de Dujardin, qu'on se hâte de substituer à son expression celle de *protoplasma* que Purkinje emploie le premier et qu'un botaniste allemand, Hugo von Mohl, contribuera surtout à répandre.

Ne rendons pas Mohl seul responsable de cette injustice, dont presque tous ses contemporains sont complices ; rappelons plutôt l'esprit qui inspire ses recherches et les réels services qu'il rend à la cytologie naissante.

Après avoir considéré le protoplasma dans son mode de répartition, il s'attache à son étude chimique, constatant qu'il est toujours albuminoïde et quaternaire, tandis que la membrane des cellules végétales (les seules dont Mohl poursuive l'étude), est cellulosique et ternaire.

Il peut ainsi distinguer ces parties au point de vue chimique ; mais, éclairé par les travaux de Dujardin,

il ne pense pas pouvoir les séparer au point de vue originel : la membrane ne doit être qu'une émanation du corps cellulaire ou protoplasmique.

Étudiant soigneusement les rapports de ces parties, interprétant avec beaucoup de sagacité les résultats ainsi obtenus, les devançant peut-être même sur certains points, Mohl arrive à tracer de la cellule végétale une conception assez exacte et qui, durant longtemps, demeurera classique.

La jeune cellule offre, à l'intérieur de sa membrane, un protoplasma continu et renfermant le noyau qui peut y occuper une situation quelconque.

Peu à peu, grâce à l'activité du protoplasma, se forme un *suc cellulaire,* que Mohl distingue nettement. Par son accumulation, ce suc creuse au milieu du protoplasma des *enclaves* ou *vacuoles* dans lesquelles il se rassemble.

Si ces vacuoles se multiplient et s'étendent notablement, elles refoulent le protoplasma qui se trouve alors réduit à une couche périphérique et à des trabécules plus ou moins membreuses, s'étendant à travers la cellule (fig. 18).

Tantôt le noyau demeure inclus dans le protoplasma central, tantôt il émigre dans une des trabécules ou gagne la couche périphérique. Celle-ci reçoit de Mohl, le nom d'*utricule primordiale*, terme contestable, mais qui, dans la pensée de l'auteur, doit rappeler l'importance fondamentale du protoplasma.

En effet, tant que la cellule vivra, cette utricule pri-

mordiale persistera; les trabécules auront pu s'effacer et disparaître, le suc cellulaire pourra distendre toute la cellule, toujours on constatera la présence de cette zône périphérique, doublant intérieurement la membrane cellulosique, comme pour affirmer que cette dernière ne saurait vivre sans le concours de son plasma formateur.

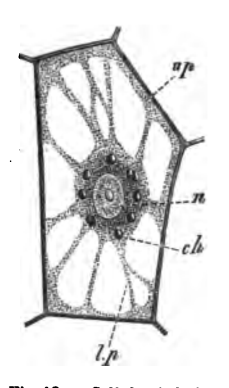


Fig. 18. — Cellule végétale. d'après H. von Mohl : *up*, utricule primordiale appliquée contre la paroi cellulaire ; *lp*, trabécules protoplasmiques la reliant au protoplasma central (*ch*) ; *n*, noyau de la cellule.

Plus tard, après la mort de la cellule, la membrane pourra demeurer, mais inerte, ne représentant que le squelette de l'élément, puisqu'elle ne sera plus accompagnée du protoplasma, substance essentiellement active et vivante.

On comprend que les travaux de Mohl aient eu un retentissement considérable; l'engouement fut peut-être même exagéré. Je me rappelle qu'à l'époque où je commençais à étudier l'histologie (1865-1866), le nom de Mohl était encore cité sans cesse et faisait toujours autorité.

Son œuvre mérite cependant quelques critiques et l'on s'étonne de ne pas le voir tirer de ses observations les conclusions qu'elles impliquaient nécessairement.

Après s'être inspiré des idées de Dujardin, il maintient à la membrane cellulaire une importance excessive et inadmissible. On ne peut se l'expliquer qu'en invo-

quant une considération sur laquelle j'aurai souvent à insister : le choix trop exclusif des sujets d'étude. Mohl a le tort de restreindre ses recherches non pas aux végétaux, ce qui serait son droit comme botaniste, mais aux végétaux supérieurs, chez lesquels la différenciation des tissus se prête mal à l'observation de la vie cellulaire.

Le même reproche s'adresse à Schwann et à Valentin qui continuent laborieusement leurs investigations sur les Vertébrés, sans faire notablement progresser l'histoire de la cellule.

Fort heureusement les observations se multiplient et, ce qui va être plus précieux, elles s'étendent à des êtres et à des éléments trop négligés jusqu'ici. L'étude des cryptogames, des animaux inférieurs, des leucocytes, etc., ne tarde pas à révéler des faits nouveaux et l'on arrive ainsi au moment où Leydig, invoquant les innombrables documents qu'il a rassemblés pour son *Traité d'histologie comparée,* proclame la déchéance de la membrane cellulaire dans les termes que je rappelais antérieurement.

La publication de Leydig est de 1856 ; il a donc fallu seize ans pour que les conclusions de Dujardin reçoivent leur application rationnelle.

Les travaux qui se succèdent de 1856 à 1875 sont très nombreux. Ils font de mieux en mieux connaître la structure des tissus, mais la conception de la cellule reste la même pour tous ces auteurs : une masse de protoplasma munie d'un noyau.

Encore l'existence de celui-ci se trouve-t-elle révo-

quée en doute pour divers éléments. Brucke et Schultze sont particulièrement affirmatifs sur ce point et l'on sait quelle importance Hæckel veut faire attribuer à ses *cytodes* ou cellules sans noyau.

En résumé, la seconde période est essentiellement marquée par l'étude du corps cellulaire qui hérite, très légitimement, de la prééminence jusque-là attribuée à la membrane d'enveloppe. Cette dernière est désormais déchue du rôle prépondérant qu'elle avait conservé depuis les débuts mêmes de la micrographie.

Quant au noyau, on ne lui accorde encore qu'une attention secondaire et je viens de rappeler comment certains observateurs semblent vouloir lui refuser toute valeur propre. Celle-ci va prochainement s'affirmer en s'imposant d'une façon toute spéciale à l'examen des histologistes.

Troisième période (1875-1890). — La troisième période ou période actuelle ne s'ouvre pas immédiatement sur des travaux consacrés à l'étude du noyau.

Il reste bien des points à élucider relativement au protoplasma et c'est sur eux que les recherches se concentrent d'abord, recherches si délicates qu'elles ne sont pas encore achevées et ne le seront sans doute pas de si tôt.

Jusqu'ici on a regardé le corps cellulaire comme parfaitement homogène, et cette opinion se maintient durant les premières années de la troisième période.

Mais bientôt les idées se modifient : on commence à pressentir qu'en raison même de son incessante activité formatrice, le protoplasma ne saurait demeurer toujours identique ; on entrevoit quelque complexité corrélative dans sa structure. En 1880, Hanstein y montre l'existence de deux parties, l'une trabéculaire et dessinant une sorte de réseau dans les mailles duquel se rassemble l'autre portion qui est essentiellement fluide.

Divers observateurs s'inspirent de ces faits, et s'efforcent de les préciser par des recherches qui devraient être parallèles, mais qui sont trop souvent divergentes. D'innombrables néologismes surgissent pour désigner les deux parties du protoplasma ; bornons-nous à indiquer la portion trabéculaire et filamenteuse sous le nom d'*hyaloplasma*, la portion fluide sous celui de *paraplasma*.

Leur description particulière ne saurait être exposée actuellement ; elle trouvera mieux sa place dans le chapitre consacré au protoplasma.

Qu'il me soit cependant permis de signaler, une fois de plus, l'utilité de l'histologie comparée : si l'on veut distinguer dans le corps de la cellule les parties qui viennent d'être mentionnées, on éprouvera de sérieuses difficultés tant qu'on limitera l'observation aux animaux supérieurs ; elle deviendra, au contraire, très facile dès qu'on la poursuivra chez les Gastéropodes. C'est ainsi qu'il suffit d'examiner de jeunes cellules glandulaires de la Testacelle pour découvrir immédiatement l'hyaloplasma et le paraplasma.

Leur notion n'est pas la seule à s'ajouter, vers la même époque, aux connaissances déjà acquises sur le protoplasma. De nombreux travaux, dûs surtout à Ranvier, Arnold, Rauber, etc., contribuent puissamment à élucider sa structure; en même temps, Zacharias entreprend sur sa biochimie d'importantes recherches.

Ce qui achève de caractériser cette période, c'est l'importance croissante du noyau ; naguère encore dédaigné ou à peine mentionné, il appelle maintenant tout particulièrement l'attention.

A la vérité, dès 1859, Stilling a signalé certains noyaux comme offrant un corps interne filamenteux ; mais le fait a passé inaperçu et depuis lors il est tombé dans l'oubli, lorsque vers 1879 Flemming l'observe de nouveau en insistant tout spécialement sur ces formations intra-nucléaires ou nucléiniennes.

Si délicate que soit leur étude, elle peut être désormais sûrement poursuivie grâce aux progrès réalisés.

La construction des microscopes a reçu des perfectionnements considérables ; les objectifs à immersion permettent d'obtenir des grossissements inespérés ; enfin la technique s'enrichit chaque jour de réactifs nouveaux. Un tel concours de circonstances est singulièrement favorable au développement des recherches histologiques ; il leur imprime une puissante impulsion et, de toutes parts, les travaux se multiplient sans interruption.

Ils ne sauraient être énumérés ici ; je me borne à rap-

peler quelles modifications générales ils apportent dans les idées antérieurement admises sur la constitution du noyau.

Partageant le sort du protoplasma, il cesse d'être regardé comme homogène ; on lui décrit des parties chrômatiques et achrômatiques, selon qu'elles fixent ou non les réactifs colorants. Balbiani, Strassburger, etc., font connaître leur mode de répartition et de groupement, tandis que Carnoy insiste sur la fréquence d'une membrane nucléaire entourant le noyau. Enfin, le terme de *nucléole* tend à disparaître ; il n'a effectivement servi qu'à désigner des formations assez dissemblables.

Dès lors l'histoire de la cellule se confond avec l'étude de sa structure intime et nous y conduit ainsi tout naturellement.

3. — CONSTITUTION GÉNÉRALE DE LA CELLULE

Rien de plus simple à tracer que la constitution d'une cellule : quelle que soit la complexité qu'elle puisse offrir, toujours elle se montre formée par un petit nombre de parties essentielles (fig. 19).

En premier lieu, on doit mentionner le *corps* de la cellule, qui en représente la portion fondamentale. Son volume peut varier suivant les éléments ou suivant les stades de l'évolution cellulaire ; mais sa composition ne variera pas : elle sera toujours sarcodaire ou protoplas-

mique. C'est en lui surtout qu'on devra chercher les attributs si bien décrits par Dujardin et qui pourront être plus ou moins atténués dans les autres parties de la cellule, par suite des différenciations qu'aura subies, pour les former, le protoplasma originel.

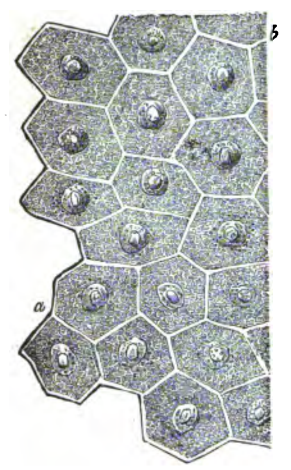


Fig. 19. — Épithélium pavimenteux : chaque cellule limitée par un contour polygonal (*a*, *b*) montre un corps ou protoplasma granuleux, avec un noyau central et arrondi.

Immédiatement auprès du corps cellulaire, dans lequel il est inclus, se place le *noyau* ou mieux l'*appareil nucléaire* dont on vient d'entrevoir incidemment la complexité. Une *membrane nucléaire* le limite souvent ; une *formation nucléinienne* se montre dans son intérieur, y revêtant différents aspects.

Mais, en outre du noyau, le corps cellulaire peut contenir divers *produits* dûs à son activité ou diverses *inclusions* accidentelles. Enfin, on voit parfois se former à sa périphérie une paroi limitant la cellule. Cette *membrane cellulaire* ou *cuticule* ne possède donc qu'une valeur secondaire ; ce caractère s'accentue même tout particulièrement en histologie zoologique, car la membrane cellulaire n'y acquiert jamais une importance comparable à celle qu'elle offre chez les végétaux où, par sa composition chimique

et par ses nombreuses adaptations, elle réclame une attention particulière.

Telles sont les parties qui peuvent être distinguées dans une cellule et qui devront être successivement étudiées ; mais, avant d'examiner ainsi l'élément dans sa structure, il faut d'abord le considérer dans ses caractères extérieurs.

4. — FORMES DE LA CELLULE

Les personnes peu familiarisées avec la constitution réelle de la cellule ou s'inspirant de l'idée qu'on en avait naguère encore, s'imaginent volontiers que sa forme la plus fréquente doit être la forme sphérique ou sphéroïdale.

Or, il s'en faut de beaucoup qu'il en soit ainsi : les aspects de la cellule sont éminemment variables, souvent elle ne possède même aucune forme déterminée et l'on peut trouver sur le même point les éléments les plus dissemblables (fig. 20).

On se l'explique aisément en se reportant aux observations de Dujardin : le corps de la cellule étant sarcodaire et éminemment contractile, tout élément doit tendre à se comporter comme un Amibe.

C'est ce qui se manifestera dans tous les cas où la cellule ne se trouvera ni limitée par une paroi inextensible, ni enchâssée dans d'autres éléments voisins.

Aussi l'aspect amiboïde est-il très fréquent; il ne caractérise pas seulement ces humbles Protées, ces infimes Monères dont j'énumérais, avec Dujardin, les

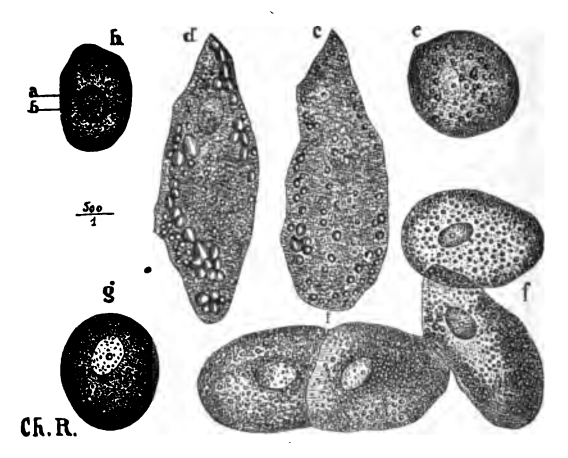


Fig. 20. — Cellules polymorphes du corps jaune de la Truie : *e, f, g, h*, cellules sphéroïdales ; *c, d*, cellules allongées et anguleuses ; *i*, cellules juxtaposées résultant de la segmentation d'une grosse cellule (500/1).

diverses fonctions vitales; il se montre également dans les tissus des êtres multicellulaires, quelle que soit leur élévation organique.

Des degrés sont toutefois à relever dans l'abondance de ces éléments amiboïdes : d'une façon générale, on peut dire qu'ils sont surtout fréquents et nombreux chez les animaux inférieurs.

Tels sont les Spongiaires : ces cellules y sont si répandues qu'avec la forme ciliée ou flabellée, la forme

amiboïde est presque la seule qu'on y rencontre. Les œufs mêmes la revêtent, et lorsqu'on les voit se déplacer dans les canaux internes de l'Éponge, on est parfois embarrassé pour savoir si l'on n'a pas sous les yeux un parasite s'y glissant en intrus.

Dans les Cœlentérés, ces cellules sont encore très nombreuses ; si l'on observe chez les animaux plus élevés en organisation une réduction dans leur fréquence, il n'en est pas moins vrai qu'elles ne cessent de se montrer chez tous les représentants de la série.

Prenons les Vertébrés : les cellules amiboïdes circulent en abondance dans leur lymphe, même dans leur sang ; nous les retrouvons dans les mailles de leur tissu conjonctif et souvent elles pénètrent entre leurs cellules épithéliales.

Peu importe le nom qu'on leur donnera : *leucocytes* (fig. 21), *cellules phagocytes, cellules migratrices*, etc., elles affirment la commune origine des éléments et des êtres ; elles reportent notre esprit vers le Protée de Dujardin et reproduisent le tableau complet de ses manifestations vitales. Celles-ci ne concourent pas seulement à leur existence personnelle, elles contribuent à l'entretien de la fédération dont l'élément fait partie : ici il absorbe des principes alibiles qu'il ira céder ensuite à d'autres éléments par l'intermédiaire du milieu intérieur, ce grand fleuve de la



Fig. 21. — Sang de Grenouille : *a*, *b*, hématies ; *c*, leucocyte au repos ; *d*, leucocyte émettant des pseudopodes.

vie qui baigne tous les tissus de l'organisme ; plus loin il donne la chasse aux microbes qui s'y sont introduits et qui ne sauraient s'y multiplier impunément ; ailleurs, sur les points où l'accès de ces ennemis serait

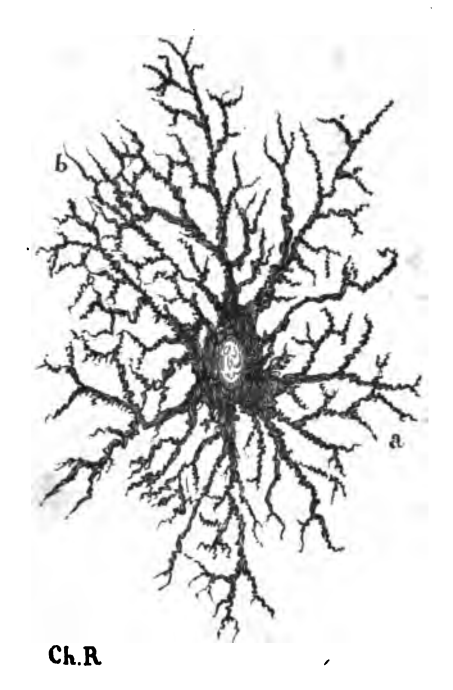


Fig. 22. — Chromoblaste d'un Axolotl avec ses innombrables expansions, les unes (*a*) non anastomosées, les autres (*b*) soudées entre elles (500/1).

particulièrement à redouter, les cellules amiboïdes s'accumulent et se localisent dans certaines parties

qui représentent comme autant de forts d'arrêt destinés à mettre l'organisme à l'abri de toute invasion soudaine.

Parfois on voit ces cellules amiboïdes intervenir pour dévorer et faire disparaître certains tissus désormais condamnés et qui doivent faire place à des éléments de nouvelle formation. Ces faits d'histolyse ne sont pas rares dans la vie larvaire de divers animaux, et j'aurai plus tard à y revenir en insistant sur le rôle très remarquable que les singulières cellules phagocytes doivent alors remplir.

Lorsque les cellules amiboïdes et contractiles sont chargées de produits colorés, de pigments, pour employer l'expression consacrée, elles peuvent déterminer, en passant de l'état statique à l'état dynamique, des changements de coloration dans l'ensemble du tissu qu'elles constituent. Tels sont les singuliers *chromoblastes* (fig. 22), qui permettent à divers animaux de modifier l'aspect de leur tégument, l'adaptant à la teinte du fond sur lequel ils reposent et pouvant ainsi se confondre avec lui.

Ce qui montre bien que cet aspect amiboïde exprime l'état originel de tout élément, c'est qu'il suffit souvent d'irriter tel tissu pour voir bientôt ses éléments abandonner leur forme définie et revenir à ce type initial (fig. 23), subissant ainsi une véritable régression morphologique ; ce phénomène précède même souvent les altérations internes ou les faits de dégénérescence qui, venant s'y associer, détermineront la mor-

tification, puis la disparition de la cellule ainsi atteinte.

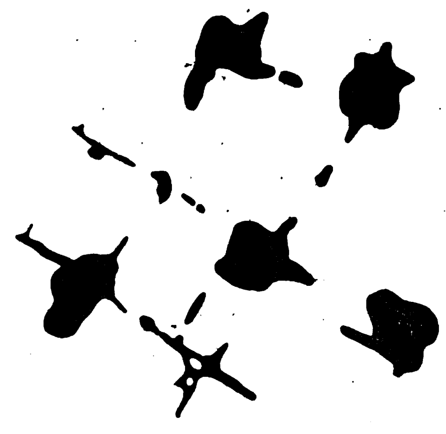


Fig. 23. — Aspect amiboïde des cellules de la cornée à la suite de l'irritation causée par une cautérisation au nitrate d'argent (Rindfleisch).

Loin d'être négligeables, les cellules amiboïdes présentent donc un intérêt qui ne cesse de s'affirmer. Leur étude s'impose au naturaliste comme à l'histologiste et au clinicien ; on ne tardera pas à s'en convaincre.

Quant à énumérer les différents aspects que peut revêtir la cellule, lorqu'elle possède une forme définie, c'est chose impossible. Il faudrait des montagnes d'in-folios pour les décrire et des caractères inconnus pour les dénombrer.

On sait que les Protozoaires sont des êtres unicellulaires ; or, qui pourrait tenter de distinguer exactement les myriades de formes offertes par les

Infusoires, les Foraminifères, les Radiolaires, etc.? (fig. 24.)

En se limitant même à la description des éléments

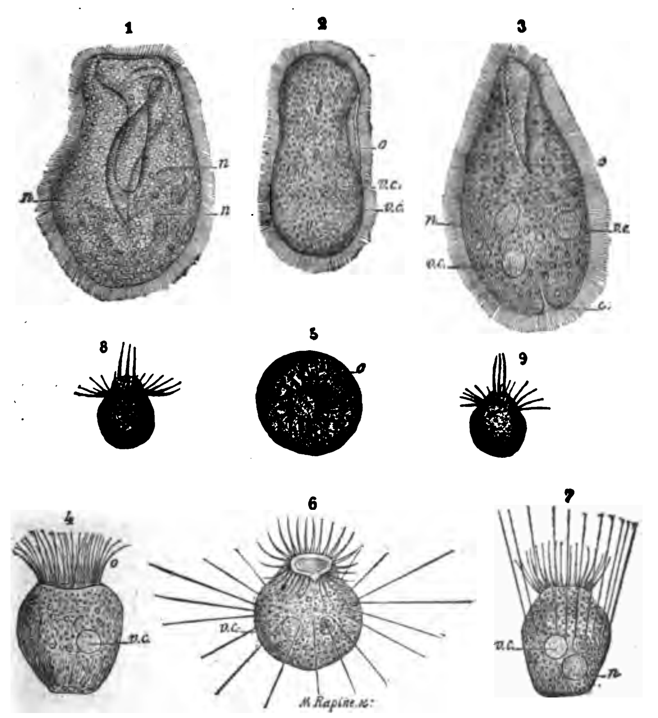


Fig. 24. — Différentes espèces d'Infusoires : 1, *Bursaria* ; 2, *Paramæcium* ; 3, *Balantidium* ; 4, 5, *Strombidion* ; 6, 7, 8, 9, *Halteria*.

agrégés pour constituer le corps des Métazoaires, on ne rencontre pas seulement une extrême diversité, on constate que la forme se modifie suivant les circons-

tances : une cellule adipeuse, plus ou moins polyédrique dans le tissu qu'elle concourt à former, deviendra ovoïde si elle est placée hors de sa station normale; de même pour certaines cellules épithéliales, quand elles flotteront dans les humeurs de l'organisme. Ailleurs, ce sera *in situ*, normalement, que la forme changera; nous allons bientôt en avoir la preuve.

De toutes les formes cellulaires, la plus simple est la forme sphéroïdale. J'ai montré dans quelle erreur on tombait en la voulant regarder comme générale; on ne la rencontre pas souvent dans la série et les éléments ainsi décrits offrent en réalité des formes irrégulières (fig. 25).

Ce type n'est pas davantage fondamental ou originel. Beaucoup de cellules épithéliales sont polyédriques, au moment où elles s'individualisent et deviennent secondairement, accidentellement, sphériques quand elles passent dans un liquide.

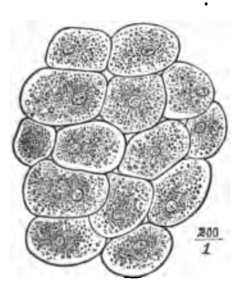


Fig. 25. — Tissu conjonctif, dit sphéroïdal, du manteau des Mollusques.

On aurait donc tort de considérer la forme sphéroïdale comme caractéristique des jeunes cellules et des cellules embryonnaires. Les préparations faites sur des embryons de Mammifères montrent quelles réserves cette assertion comporte à l'égard des Vertébrés. Le fait est encore

plus tangible et plus fréquent chez les Invertébrés.

Étudions les jeunes cellules qui se développent au fond des culs-de-sac d'une glande salivaire de Gastéropode, nous les verrons présenter tous les aspects et n'en affirmer aucun spécialement; il n'est même pas rare de trouver ces éléments si irréguliers qu'on peut les regarder comme amiboïdes; ailleurs, ils sont ciliés, etc.

Du reste, les auteurs s'accordent volontiers à reconnaître combien les cellules « sphériques » sont peu répandues dans l'organisme adulte des animaux supérieurs. Par une curieuse antithèse, il n'y a plus guère alors que les leucocytes, au repos, qui puissent l'offrir souvent, tandis que dans leurs périodes d'activité ils sont essentiellement amiboïdes.

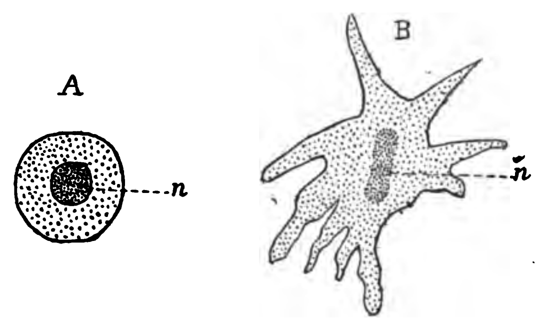


Fig. 26. — Cellule pigmentifère de la Grenouille : A, à l'état statique ; B, à l'état dynamique ; *n*, noyau (Joannes Chatin).

Cette observation des leucocytes à l'état statique et à l'état dynamique, au repos et en action, peut être répétée sur d'autres éléments.

Il existe ainsi sous la peau de la grenouille, des cellules pigmentaires (fig. 26) qui, à l'état statique (A), sont régulières et arrondies, avec un noyau également sphéroïdal ; à l'état dynamique (B), l'élément devient irrégulièrement rameux, ne laissant que difficilement entrevoir son noyau allongé.

Ces exemples montrent combien il est difficile d'être affirmatif à l'égard des formes cellulaires, tel élément pouvant revêtir les aspects les plus dissemblables.

Certaines cellules sont arrondies, mais aplaties ; elles deviennent ainsi plus ou moins discoïdales ; le globule rouge, ou hématie, de la plupart des Mammifères en est le type classique.

Si cet élément s'allonge, il devient elliptique comme chez les Caméliens et les Ovipares (fig. 27).

D'autres formes dérivent du cube ; dans les tubes glandulaires de nombreux Vers et Arthropodes, les cellules de sécrétion se montrent souvent sous cette forme. On la retrouve dans les cellules épithéliales de la capsule du cristallin chez les Vertébrés supérieurs.

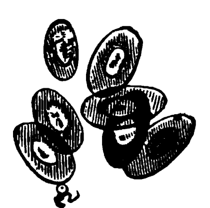


Fig. 27. — Hématies de Grenouille, d'après Donné.

Lorsque la cellule cubique s'aplatit sans s'allonger, elle devient pavimenteuse comme dans divers épithéliums de revêtement (fig. 15, A). Si cette tendance s'accentue davantage encore, on a la cellule plate des endothéliums.

Le cube peut s'allonger, conduisant à la forme pris-

matique, très répandue dans l'épithélium des canaux excréteurs et dans l'hypoderme ou épiderme des Vers, des Arthropodes (fig. 28), des Mollusques.

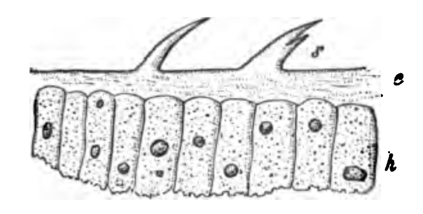


Fig. 28. — Cellules prismatiques de la Vanesse Paon-de-Jour formant l'épiderme ou hypoderme (*h*) et la cuticule (*c*) ; *s*, saillies cuticulaires (Joannes Chatin).

Pour peu que les arêtes du prisme s'émoussent, on a le type cylindrique (fig. 29) souvent mêlé au précédent, se montrant fréquemment dans l'épithélium intestinal des Mollusques et de divers autres animaux.



Fig. 29. — Éléments de l'épithélium cylindrique : *a*, quatre cellules vues de côté et portant un épais plateau strié de fines radiations ; *b*, cellules analogues vues inclinées par leur face libce, on y jemarque la forme horizontale de la coupe et le rebord épais ; *c*, cellules modifiées par l'imbibition (Virchow).

Si ces formes s'allongent en se rétrécissant, on arrive à la forme fibreuse regardée jusqu'à Schwann comme propre aux plantes, tandis qu'elle est, en réalité, assez répandue chez les animaux : tantôt la fibre se termine en pointe comme chez les végétaux, telle est souvent son apparence dans beaucoup de fibres musculaires lisses (fig. 30) ; tantôt elle représente un prisme aplati et très long comme on l'observe dans ces mêmes muscles lisses

chez nombre de Gastéropodes et d'Annélides ; tantôt elle se montre dentelée sur ses bords comme dans le tissu cristallinien.

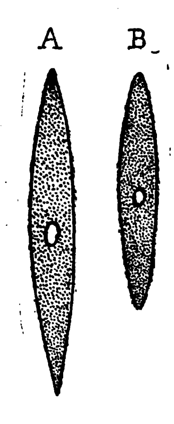


Fig. 30. — Deux cellules musculaires lisses (A et B) de l'*Heterodera Schachtii* (Joannes CHATIN).

Ailleurs, la cellule devient franchement fusiforme ; le fait s'observe fréquemment pour les éléments conjonctifs, surtout chez les Invertébrés.

Cette forme peut se combiner avec la forme prismatique ; la cellule comprend alors une partie centrale en fuseau qui renferme le noyau et se continue par deux prolongements allongés, souvent prismatiques.

Tel est le type dit bacillaire très fréquent dans les épithéliums sensoriels : on le décrit de préférence dans la muqueuse olfactive des Vertébrés (fig. 31) ; mais les Invertébrés en offrent aussi de nombreux exemples.

Plusieurs auteurs regardent cette forme bacillaire comme constamment limitée aux éléments excitables ; grave erreur : pour l'élément comme pour l'organe, on ne doit jamais conclure de la forme à la fonction. Il suffit de s'adresser à l'histologie zoologique pour voir ce que deviennent de telles assertions : chez les Articulés, spécialement chez les Myriapodes, M. Balbiani a établi que les cellules épithéliales de l'intestin offrent un aspect identique à celui des cellules olfactives des Mammifères, et certes elles n'ont rien de sensoriel.

Je citais tout à l'heure les cellules conjonctives comme fusiformes ; elles peuvent également revêtir d'autres aspects ; souvent elles sont étoilées et d'impor-

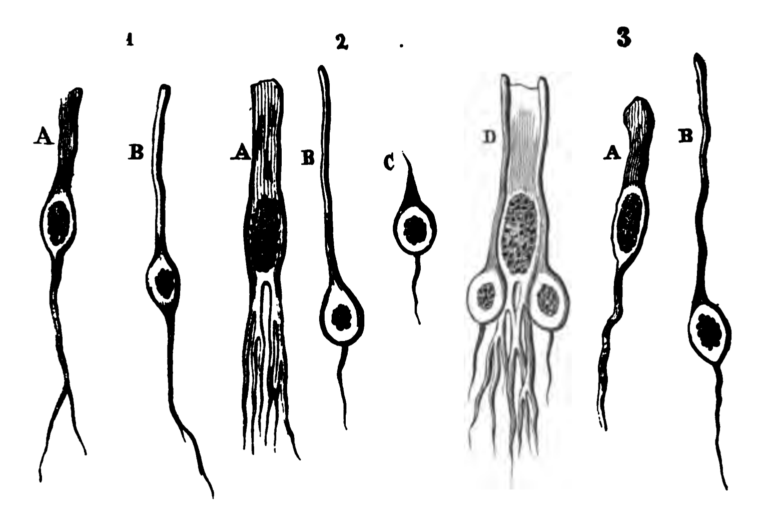


Fig. 31. — Structure de la région olfactive.
1. Mouton : A, cellule de soutien ; B, cellule bacillaire ou bâtonnet olfactif. — 2. Triton : A, cellule de soutien ; B, bâtonnet olfactif ; C, bâtonnet en voie de développement ; D, une cellule de soutien entre deux bâtonnets. — 3. Porc : A, cellule de soutien ; B, bâtonnet olfactif (Sidky).

tantes conséquences en découlent pour l'interprétation des divers tissus dits de la substance conjonctive, sans en excepter le tissu osseux (fig. 32).

Ces tissus ne sont pas seuls à présenter des éléments étoilés ou rameux. Le tissu nerveux en montre également (fig. 33), tandis que certaines de ces cellules sont

fusiformes ou arrondies. Il semble que, par la variété de ses types histiques, le plus élevé des tissus veuille reporter notre souvenir vers les diverses apparences qu'offre l'Amibe, point de départ et centre commun de tous ces types cellulaires.

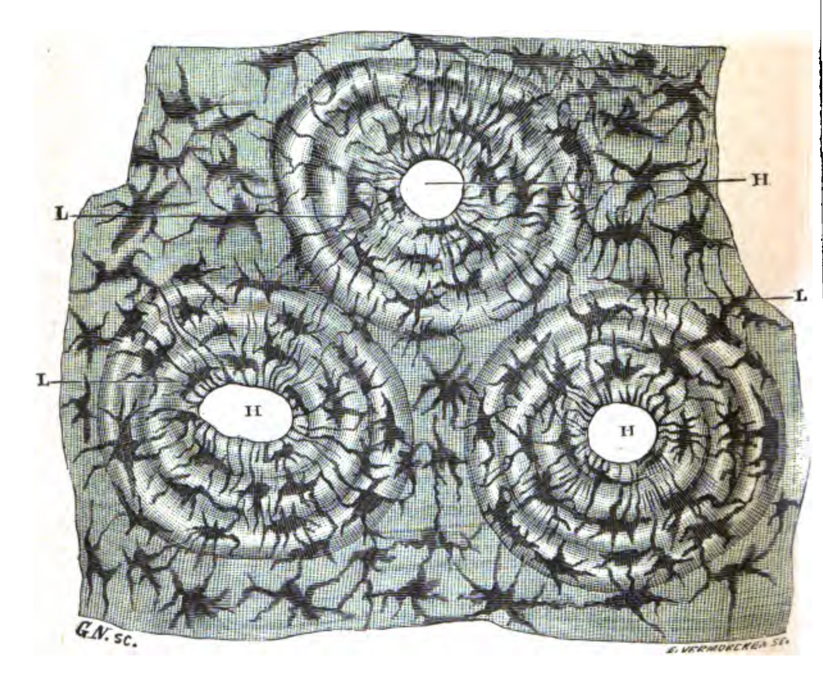


Fig. 32. — Tissu osseux : L. corpuscules osseux, rameux ou étoilés ; H, canaux de Havers.

De même, la physionomie des Infusoires paraît se refléter tout à la fois dans les bizarres cellules calyci-

formes (fig. 34) et dans ces cellules ciliées que nous rencontrons d'un bout à l'autre de la série animale.

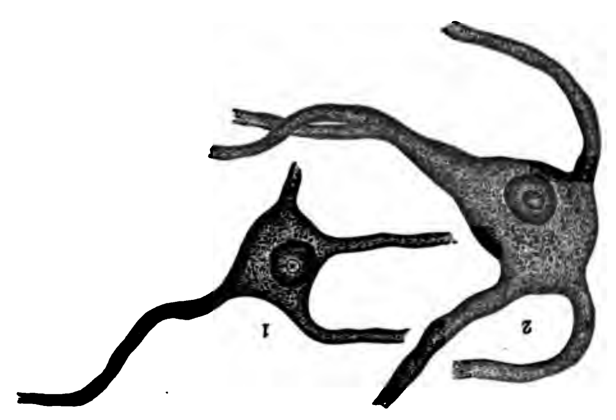


Fig. 33. — 1 et 2, cellules nerveuses multipolaires ou rameuses.

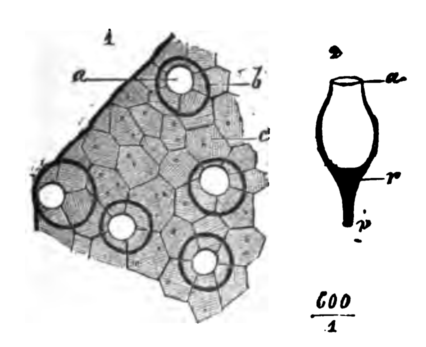


Fig. 34. — Cellules calyciformes (revêtement épithélial d'une villosité de l'intestin grêle du chat).

1 : *a*, ouverture des cellules calyciformes ; *b*, contour de ces cellules ; *c*, surface libre des cellules cylindriques ordinaires. — 2. Cellule calyciforme isolée : *a*, ouverture ; *r*, noyau ; *p*, prolongement.

Tantôt ce sont de nombreux cils émergeant d'une cellule prismatique (fig. 35), tantôt c'est un cil unique s'élevant au-dessus d'une collerette diaphane (fig. 36).

En réalité, l'image d'une colonie d'Amibes et d'Infusoires, souvent appliquée au Spongiaire, peut s'étendre

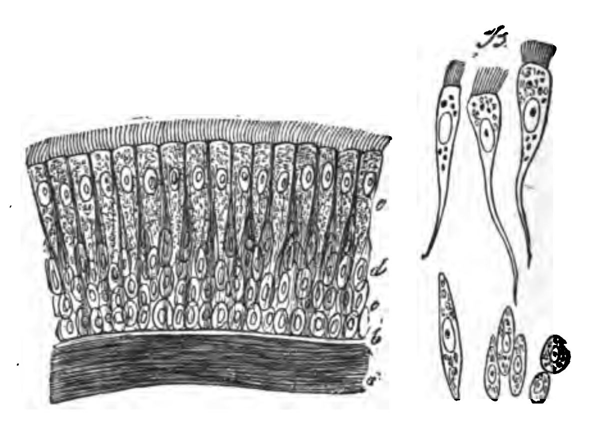


Fig. 35. — Épithélium vibratile.

plus ou moins complètement aux représentants les plus élevés de la série des Métazoaires, dont l'Éponge occupe la base.

On est conduit à des rapprochements analogues quand on considère ces singuliers spermatozoïdes (fig. 37) dont le nom rappelle de si graves erreurs, alors qu'on les regardait comme des animalcules indépendants, souvent comme des embryons ou comme des parasites égarés dans les organes génitaux.

Nouvelle preuve de l'intérêt des études comparatives : pour l'anthropotomiste, ces éléments fécondateurs sont

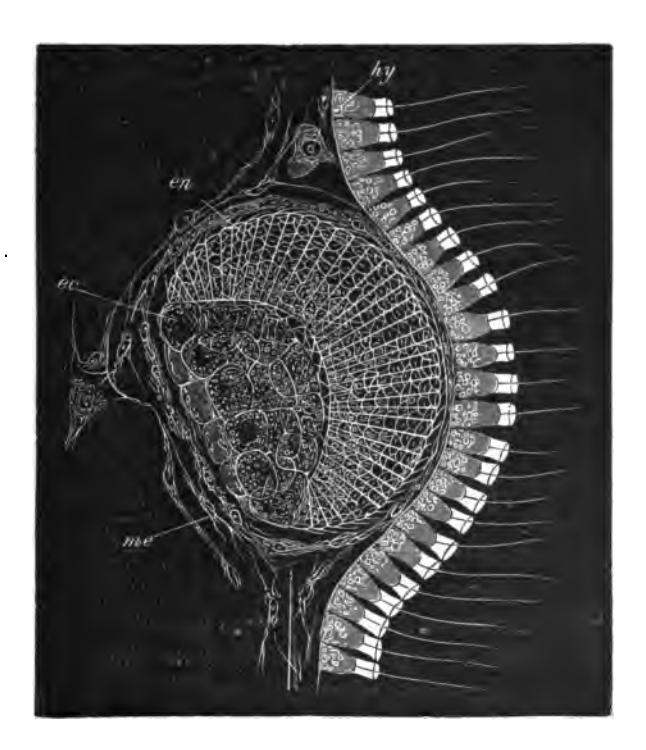


Fig. 36. — Coupe pratiquée dans une Éponge (*Sycandra raphanus*) renfermant une larve (*en*) incluse dans les tissus maternels : *me*, mésoderme ; *hy*, hypoblaste formé d'élégantes cellules flagellées ou à collerette (d'après F.-E. Schultze).

fatalement filiformes et mobiles, avec une tête et une queue ; suivons-les dans les divers groupes de l'anima-

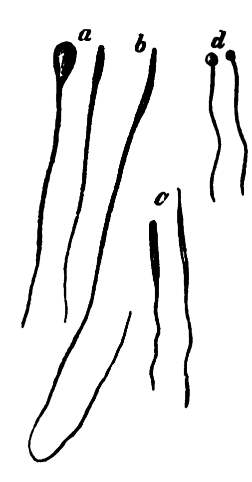


Fig. 37. — Spermatozoïdes.

lité, nous les verrons se montrer sous les formes les plus dissemblables : parfois courts et renflés, ailleurs coniques, étoilés, sphériques, mobiles ou immobiles.

Il est même telle espèce dont les spermatozoïdes peuvent offrir successivement tous ces aspects. L'Anguillule de la Betterave (*Heterodera Schachtii*) en est un excellent exemple (fig. 38). Le jeune spermatozoïde est sphéroïdal ou ovoïde (fig. 38, A et B) ;

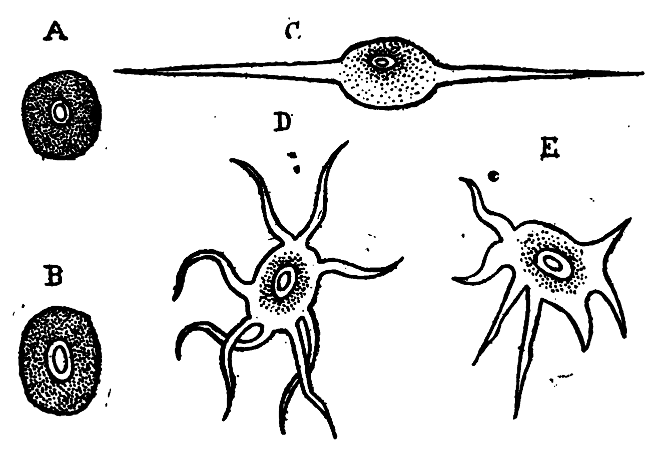


Fig. 38. — Divers états des spermatozoïdes de l'*Heterodera Schachtii* (Joannes CHATIN).

puis il s'allonge vers deux pôles opposés pour former deux larges flagellums (C) et sa dernière forme est celle d'un Amibe à pseudopodes de largeur et de longueur variables (D et E).

Tous les attributs, toutes les variations de l'élément figuré semblent se résumer dans celui-ci ; mais on voit combien cette étude des formes de la cellule pourrait indéfiniment s'étendre ; bornons-la donc à ces considérations générales ; nous aurons bientôt l'occasion de les compléter.

5. — DIMENSIONS DE LA CELLULE

Les considérations qui viennent d'être présentées au sujet de la forme des cellules doivent également s'appliquer à l'étude de leurs dimensions.

Non seulement celles-ci varient dans de grandes limites chez les divers représentants de la série zoologique, mais on les voit offrir des différences considérables chez le même animal pris à des âges différents ou examiné au même âge, dans des régions distinctes.

Pour ce qui est des variations qu'on observe lorsqu'on parcourt la série, elles sont tellement étendues qu'on ne peut qu'en donner une idée générale.

Les micrographes modernes ayant pris pour unité de

mensuration le millième de millimètre ou *micron* qu'on désigne par la lettre grecque μ, on constate que certaines cellules nerveuses, atteignent à peine 6 μ; les cellules embryonnaires sont souvent même plus réduites encore (3 à 4 μ) ; puis, en regard, on peut citer des cellules salivaires d'Insectes dépassant 250 μ.

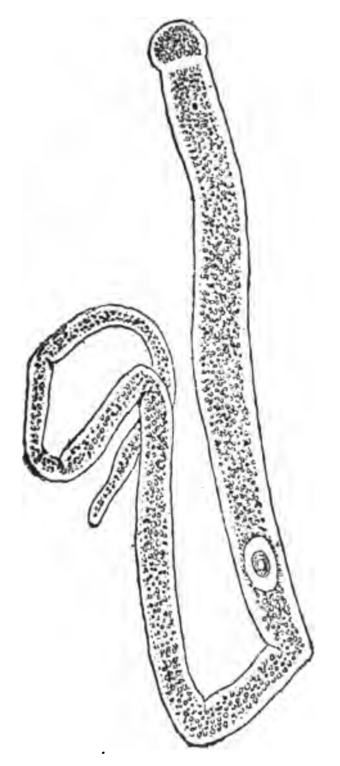


Fig. 39. — Grégarine géante de l'intestin du Homard (d'après E. Braders).

Enfin certains Protozoaires, comme quelques Grégarines (fig. 39), atteignent $1^{mm},5$, c'est-à-dire 1,500 μ en diamètre.

Voilà les dissemblances zoologiques. Veut-on apprécier celles qui s'observent sur le même animal pris à deux phases différentes de son développement. Il suffit de considérer les hématies des Mammifères : chez l'adulte, elles ne dépassent guère 8 μ; chez le fœtus, jusqu'au quatrième mois de la vie utérine, on en trouve aisément qui mesurent 16 ou 18 μ.

Pour ce qui concerne les différences à relever suivant les régions d'un animal pris au même âge, on peut encore s'adresser aux Mammifères et comparer leurs cellules adipeuses : dans les muscles, on en trouve de 25 μ de diamètre ; dans le tissu périmammaire, elles atteignent 100 ou 125 μ.

Si on étudie chez un animal, non plus le même type histique, mais des éléments différents, on peut observer entre eux des écarts considérables. Chez un Insecte on rencontre fréquemment des cellules intestinales visibles à l'œil nu, tandis que, chez le même sujet, telle cellule nerveuse exigera, pour être distinguée, les objectifs les plus puissants.

Il serait donc fort inutile de surcharger cet exposé en y intercalant des colonnes de chiffres qui demeureraient fatalement incomplètes et que l'on tenterait de graver dans la mémoire sans aucune utilité.

C'est en traitant des divers tissus qu'il peut être intéressant de mentionner les dimensions de leurs éléments constitutifs ; mais on doit être toujours sobre de pareilles indications ; elles n'ont généralement qu'une valeur relative, en raison même des infinies variations qui viennent d'être esquissées.

Je dois ajouter, avant de clore ce chapitre, que l'augmentation en volume d'une cellule porte plus généralement sur le protoplasma que sur le noyau. On voit ainsi nombre d'éléments qui, très petits dans leur jeunesse, possèdent déjà un noyau dont les dimensions ne varieront que peu, tandis que le corps cellulaire

s'accroîtra dans des proportions souvent considérables et déterminera ainsi la différence relevée entre le diamètre de la jeune cellule et celui de l'élément adulte.

6· — COLORATIONS DE LA CELLULE

Normalement et originellement, la cellule peut être considérée comme incolore ; il est assez rare de voir de

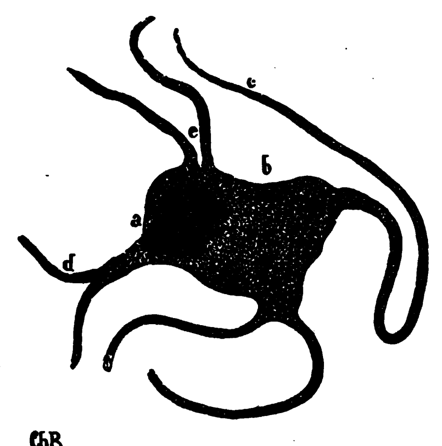


Fig. 40. — Cellule nerveuse multipolaire du corps strié chez l'Homme, montrant en *a* un groupe de granules colorés, placés sur les côtés du noyau (Robin).

jeunes cellules offrant une teinte spéciale et marquée ; cependant, dans les glandes de plusieurs Arthropodes, le protoplasma des cellules jeunes est ambré, rosé, etc.

Mais le fait même que cet exemple est fourni par des cellules secrétantes, montre qu'on ne peut le citer qu'avec réserve.

Lorsque la cellule est colorée, on doit rechercher dans quelle partie de la cellule siège la matière colorante et à quel état elle se trouve.

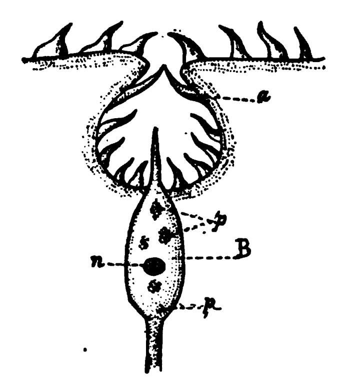


Fig. 41. — Vanesse Paon-de-Jour : coupe verticale passant par une fossette antennaire dont l'ouverture est garnie de saillies cuticulaires (*a*). — B. cellule sensorielle ou bâtonnet antennaire ; *n*, noyau de la cellule ; *p*, amas pigmentaires simulant autant de pseudo-noyaux. (Joannes CHATIN).

La coloration réside généralement dans le corps même de la cellule, comme on l'observe pour beaucoup d'éléments nerveux (fig. 40 *a*) ou tégumentaires (fig. 41 *p*).

Parfois ces derniers éléments présentent une coloration localisée dans la partie périphérique du protoplasma, ou limitée même au plateau apicilaire de la cellule.

Quant à l'état sous lequel se présente la matière colorante, elle peut être dissoute dans le protoplasma (surtout dans le paraplasma) ou à l'état de granules épars entre les mailles de l'hyaloplasma.

Le premier cas s'observe chez plusieurs Invertébrés dont les éléments doivent leur coloration à des prin cipes en dissolution dans leur plasma.

Le second est si répandu que les exemples sont innombrables : beaucoup d'Infusoires contiennent ainsi des granules chlorophylliens qui se retrouvent également dans les cellules de divers Métazoaires inférieurs; les cellules épidermiques des Mammifères sont teintées par des granulations pigmentaires mêlées à leur protoplasma ; les cellules dites hépatiques des Invertébrés sont colorées par différentes productions formées dans leur intérieur et dues à l'activité propre du protoplasma.

Quant aux teintes qui peuvent s'observer dans les cellules ainsi colorées, elles sont des plus variables et d'une appréciation chrômatique souvent délicate, car j'ai à peine besoin de faire observer qu'il n'existe pas de rapport constant entre les pigments cellulaires et les longueurs d'onde. Tantôt la teinte sera jaune rougeâtre, tantôt brune ou noirâtre, etc.

D'une façon générale, le brun, le rouge, le jaune, le noir et le vert représentent les colorations les plus fréquentes.

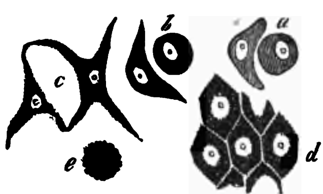


Fig. 42. — Épithélium pigmentaire (Rindfleisch).

Pour le biologiste, l'étude de ces pigments n'est pas seulement des plus instructives au point de vue de la physiologie cellulaire, montrant une fois de plus l'incessante activité formatrice du protoplasma (fig. 42) ; elle éclaire en outre singulièrement la véritable structure de certains éléments.

Chez divers Lépidoptères on avait cru pouvoir décrire les cellules épidermiques comme fréquemment pourvues de plusieurs noyaux. Or, les formations ainsi décrites n'étaient que de simples amas pigmentaires (voy. fig. 41, *p*) développés au point de masquer le vrai noyau et de faire croire à l'existence de noyaux multiples.

A tous les égards, par leur origine comme par leurs effets, les colorations de la cellule confondent leur histoire avec celle de ses produits mêmes.

L'examen extérieur de l'élément histique conduit donc à son étude interne ; celle-ci va nous permettre, sans sortir du cadre élémentaire de cet exposé, d'acquérir une connaissance suffisante des parties dont nous n'avons pu encore que mentionner l'existence.

CHAPITRE II

DU PROTOPLASMA

C'est naturellement par l'étude du protoplasma qu'il convient d'aborder l'examen anatomique de la cellule. Peu de questions offriront pour nous plus d'importance et s'imposeront plus spécialement à notre attention ; aussi, pour n'omettre aucun fait intéressant, considérerons-nous successivement le protoplasma dans son histoire et dans sa notion générale, dans sa constitution et dans ses parties essentielles.

1. — HISTOIRE ET NOTION GÉNÉRALE

Nous savons déjà comment le mot de *Protoplasma* a été introduit dans le langage scientifique par Purkinje et Hugo von Mohl, afin de désigner le « contenu cellu-

laire », si vaguement indiqué comme un « cambium » par Mirbel et comme un « mucilage » par Schleiden. Nous avons également rétabli à cet égard les droits de Dujardin ; point n'est besoin d'y revenir.

Pour H. von Mohl, le protoplasma est le premier formateur, fournissant ce qui est nécessaire à la *formatio prima* ou *protoplasis*.

Remak et Schultze lui donnent une acception analogue ; ils la précisent même davantage et décrivent le protoplasma comme constituant tout le corps cellulaire, moins le noyau.

Malheureusement d'autres auteurs jettent sur cette question une profonde obscurité en modifiant sans cesse les définitions cependant assez nettes de Mohl, de Remak et de Schultze. Bientôt chaque histologiste veut avoir la sienne et l'on ne parvient plus à s'entendre.

Rien d'aussi vain que de pareils débats roulant sur une simple question de mots ; car, en réalité, personne alors ne songe plus à contester la haute valeur du sarcode de Dujardin ainsi décoré de ce nom nouveau, sous lequel il va opérer une si profonde révolution dans les idées admises.

En effet, toute une théorie nouvelle s'édifie, la *théorie protoplasmique* succédant à la théorie cellulaire que nous avons vu se constituer avec Turpin, Schleiden, Dutrochet, Schwann, etc.

Pour eux, le dernier terme de l'être vivant était représenté par la cellule.

Avec Dujardin s'écroule cette théorie : il y a une

substance vivante, le sarcode ou protoplasma, qui donne naissance à la cellule et lui est antérieur. Les botanistes apportent encore ici de précieuses contributions; nous avons vu comment Mohl définit cette couche protoplasmique et fondamentale (fig. 43) à laquelle il donne le nom d'utricule primordiale.

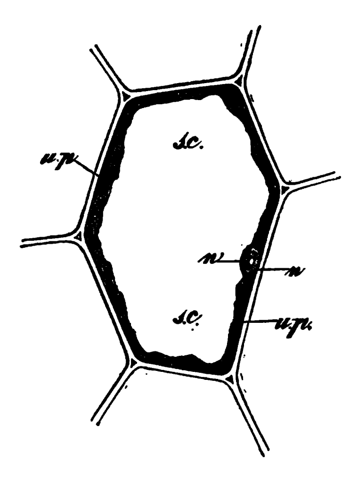


Fig. 43. — Cellule végétale : *n*, noyau compris dans l'épaisseur de l'utricule primordiale *u p;* on voit également dans celle-ci de nombreux grains de chlorophylle ; *n'*, nucléole ; *s.c*, cavité de la cellule occupée par le suc cellulaire.

« Les cellules qui la présentent sont seules en « état de croître, de produire de nouvelles combinaisons chimiques, « de former, dans les circonstances favorables, « de nouvelles cellules. »

En 1850, un autre botaniste, Cohn, observant les zoospores et les anthérozoïdes de certaines Algues (fig. 44) établit que ce sont des éléments plus simples que la cellule, en ce sens qu'ils sont formés d'une masse de protoplasma, nue, sans membrane d'enveloppe.

Leydig, Remak, Max Schultze multiplient ces exemples en poursuivant leurs études d'histologie animale. Dès lors, la vie s'incarne non plus dans une cellule close, mais dans une masse de protoplasma.

Parfois cet état est définitif et ne peut être dépassé, n'atteignant jamais la valeur d'une cellule proprement dite. Le fait était connu depuis Dujardin, mais il était

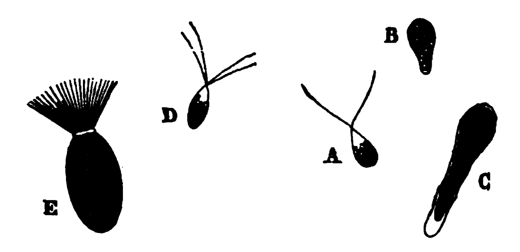


Fig. 44. — Zoospores d'Algues.

un peu oublié; Hæckel aide à le vulgariser en groupant ces formations protoplasmiques nues sous le nom de *Cytodes*.

Toutefois il exagère trop souvent la réelle simplicité de ces êtres; il a le tort de conclure trop rapidement à l'absence générale d'un noyau dans ces types qu'il divise en deux formes principales :

1° Le *Gymnocytode* qui n'offrirait aucune trace de différenciation dans sa masse; opinion difficile à défendre d'après tout ce que nous savons aujourd'hui sur la structure du protoplasma;

2° Le *Lépocytode* chez lequel on distingue, au contraire, une zône périphérique réfringente non granuleuse et une portion centrale finement grenue.

Situés sur les confins des deux règnes, ces êtres sont revendiqués tantôt par les botanistes, tantôt par les

zoologistes. Les Myxomycètes (fig. 45), les divers Monériens et Amibiens (fig. 46 et 47), le fameux Bathy-



Fig. 45. — Plasmodie de Myxomycète.

bius rampant sur les fonds sous-marins, prennent place dans ce vaste groupe pour lequel on a voulu créer un

règne spécial, celui des *Protistes*, intermédiaire entre le règne végétal et le règne animal. Si dégradés qu'ils puissent se montrer, ces Protistes sont incontestable-

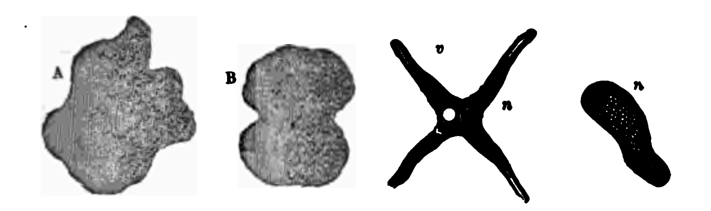


Fig. 46. — *Protamœba primitiva* : A, une Monère entière ; B, la même divisée par un sillon transversal.

Fig. 47. — Deux formes différentes d'Amibes de la vase.

ment des êtres vivants : leur contractilité, leur nutrition, leur croissance et leur reproduction ne peuvent laisser à cet égard aucun doute.

La vie, prise à son degré le plus simple, ne se trouve donc aucunement liée à une forme déterminée, puisque le cytode n'en possède pas.

La cellule proprement dite n'est plus le dernier terme de la simplicité organique ; la notion morphologique devient secondaire pour caractériser la matière vivante, le protoplasma. Huxley peut alors le qualifier justement de « base physique de la vie ».

Plus tard on tente de substituer à la théorie protoplasmique la *théorie plastidulaire* ; c'est lorsque les recherches, en s'étendant, révèlent dans le protoplasma une

complexité qu'on n'avait jamais soupçonnée. Interprétant hâtivement ces découvertes, quelques esprits veulent en tirer de subtiles déductions : le protoplasma se décomposerait en granulations et filaments, les *plastidules,* qui représenteraient autant de molécules vitales, possédant, entre autres propriétés, la mémoire ou faculté de conserver leur activité et leur mouvement.

On est ainsi entraîné vers des hypothèses et des rêveries qui ramèneraient la science de cent ans en arrière, rajeunissant les vues de Maupertuis et les étranges conceptions de sa Vénus physique.

Ewald en Allemagne, Ellsberg en Amérique, s'engagent dans cette voie ; ils y sont suivis par les protagonistes des microzymas qui veulent identifier ceux-ci avec les plastidules. Autant de vaines illusions, sur lesquelles il est inutile d'insister autrement que pour montrer dans quelles erreurs on vient sombrer lorsqu'on sort des limites de l'observation. Nous allons y rentrer en étudiant la constitution intime du protoplasma, ce qui nous permettra d'apprécier mieux encore sa haute valeur.

2. — CONSTITUTION DU PROTOPLASMA

Bien que le mot de protoplasma soit constamment sous la plume du biologiste, il est difficile d'en demander une définition rigoureuse aux auteurs, chacun d'eux lui attribuant assez généralement un sens différent.

C'est donc par l'analyse attentive des faits qu'on doit chercher à déterminer son exacte signification.

Remarquons tout d'abord qu'on ne saurait plus aujourd'hui décrire le protoplasma comme représentant le « contenu de la cellule. »

D'une part, on ne peut guère parler ici de contenu, puisque, dans la généralité des cas, la cellule animale est dépourvue d'une membrane d'enveloppe. D'autre part, s'il en existe une, elle renfermera, avec le protoplasma, l'appareil nucléaire et les divers produits de la cellule.

Cependant il est incontestable que le protoplasma représente pour nous le corps de celle-ci.

Voici donc la définition qui semble devoir être acceptée comme la plus conforme à la réalité : *on donne le nom de protoplasma à la substance vivante entourant le noyau, que cette substance soit ou non limitée par une membrane d'enveloppe.*

En qualifiant de *vivante* cette matière, nous la différencions nettement des produits qu'elle peut former et des corps étrangers qu'elle peut s'incorporer. En outre, nous exprimons ainsi son critère fondamental, car le protoplasma est la seule partie active et réellement vivante de la cellule. S'il existe une membrane et qu'elle offre quelque activité, qu'elle manifeste quelque phénomène vital, il est aisé de constater qu'elle le doit uniquement au protoplasma; elle devient inerte dès que leurs communications sont rompues.

Il paraît en être de même pour le noyau; certes sa

valeur est autrement importante que celle de la membrane, mais cependant il ne semble pouvoir vivre qu'au sein d'une atmosphère protoplasmique et nous verrons bientôt ce qu'il faut penser des prétendus « noyaux libres. »

Naguère encore on regardait le protoplasma comme homogène. Sans doute Leydig avait bien signalé une sorte de structure fibrillaire dans les cellules intestinales de divers Crustacés, et Stilling avait noté une apparence analogue sur des cellules nerveuses (fig. 48), mais on n'avait accordé aucune attention à ces observations isolées ; leurs auteurs eux-mêmes ne les présentaient que comme des particularités plus ou moins curieuses.

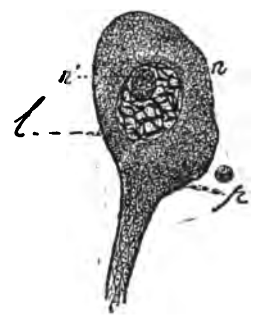


Fig. 48. — Cellule nerveuse du *Palemon vulgare* : *p*, protoplasma d'aspect fibrillaire ; *n*, noyau, contenant une formation nucleinienne réticulée ; *n'*, nucléole plasmatique. (Carnoy).

C'est seulement en 1880, à la suite des recherches de Heitzmann, de Fromann et surtout des publications de Hanstein, que l'on commence à modifier la conception générale du protoplasma, pour le considérer, non plus comme une masse indifférente, mais comme une substance structurée.

Cette interprétation rencontra une assez vive opposition. Il est des esprits scientifiques qui tiennent à demeurer constamment fidèles aux principes dont ils se

sont inspirés dès leurs premières études et qu'ils ne consentent que difficilement à abandonner.

Le protoplasma représentant le dernier terme de l'organisation, on se refusait à lui reconnaître une structure complexe. L'ancienne conception initiale d'une gelée amorphe paraissait mieux superposable à l'idée qu'on se faisait de cette base physique de la vie.

Ce qui contribuait à rendre bien des biologistes réfrac-

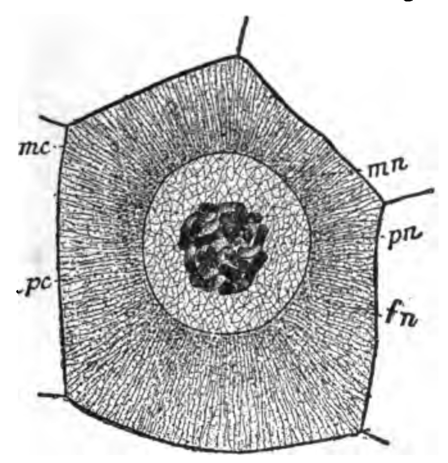


Fig. 49. — Cellule et noyau types de l'épithélium intestinal d'un Asticot : *mc*, membrane cellulaire ; *pc*, protoplasma cellulaire : on y distingue l'hyaloplasma rayonnant, et le paraplasma renfermé dans ses mailles ; *mn*, membrane nucléaire ; *pn*, protoplasma du noyau : on y voit également un hyaloplasma et un paraplasma, aussi distincts que ceux du protoplasma cellulaire ; *fn*, formation nucléinienne contractée au centre du noyau et montrant des anses nombreuses. (Carnoy.)

taires aux idées nouvelles, c'était l'invraisemblable déluge de néologismes sous lequel elles faillirent être

submergées. La terminologie devint promptement inextricable, chaque histologiste employant des dénominations spéciales. La définition de mots perdant ainsi toute importance, attachons-nous seulement à la définition de choses.

On doit distinguer dans le protoplasma deux parties : l'*hyaloplasma* et le *paraplasma* (fig. 49).

L'hyaloplasma est une substance fibrillaire, hyaline, réfringente, formant un réseau au milieu d'une substance fluide, moins réfringente, qui est le paraplasma. Qu'on se représente une éponge à travées très tenues et contractiles, plongée dans une substance visqueuse et granulée qui remplirait ses cavités. Cette comparaison donne une idée grossière, mais assez exacte, de la masse protoplasmique prise dans son ensemble.

Elle paraît homogène si les mailles de l'hyaloplasma sont uniformes et qu'on fasse usage d'un faible grossissement. C'est ainsi que le protoplasma avait été étudié durant longtemps, et l'on s'explique d'autant mieux l'erreur dans laquelle on demeurait à l'égard de ses parties constitutives, qu'elles ne se distinguent en général qu'après l'intervention de certains réactifs comme l'acide osmique. Cependant l'histologie zoologique permet de les observer directement, et j'ai déjà eu l'occasion de mentionner à cet égard l'exemple des cellules glandulaires de la Testacelle.

La structure réticulée du protoplasma s'observe dans les cellules amiboïdes comme dans les éléments à forme définie ; l'étude des globules sanguins des Invertébrés

(Vers, Crustacés, etc.), permet de constater aisément ce fait, d'abord révoqué en doute par des observateurs qui limitaient leurs recherches aux éléments de quelques animaux supérieurs.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il serait imprudent de pousser plus loin l'analyse du protoplasma, et l'on doit se borner à y distinguer les deux parties qui viennent d'être mentionnées ; leur réunion est nécessaire pour constituer la matière vivante.

Il importe d'en distinguer les produits et les inclusions qui pourront s'y trouver mêlés.

En effet, si dans les cellules jeunes on ne rencontre que le protoplasma tel qu'il vient d'être caractérisé, on





Fig. 50, — Cellules renfermant de la graisse et des cristaux.

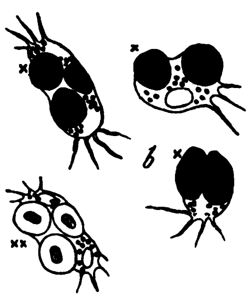


Fig. 51. — Cellules dans lesquelles se trouvent inclus des hématies ou globules rouges de la Grenouille (Rindfleisch).

peut souvent observer, chez les éléments plus âgés, de nombreux corps, très variables dans leur nature, mais qu'on doit répartir sous les deux titres qui viennent d'être mentionnés.

Les *produits*, parfois désignés sous le nom d'*en-*

claves (1), sont nés dans la cellule, de son activité formatrice, et s'y trouvent momentanément en réserve ; tels sont en général les grains de pigment, les granules glycogènes, les globules adipeux, divers cristaux (fig. 50), etc., etc.

Quant aux *inclusions*, elles représentent des corps étrangers qui ont pénétré accidentellement dans la cellule, ou que, plus généralement, elle s'est incorporés en les saisissant grâce à son sarcode contractile : des globules sanguins (fig. 51), des microbes, des grains de sable, etc., se trouvent ainsi englobés dans la cellule sans lui appartenir réellement.

Il y a là matière à des recherches du plus haut intérêt et qui révèleront sûrement nombre de faits nouveaux. Sans parler des parasites qui se glissent dans la cellule et doivent être distingués des substances qu'elle s'incorpore, il y aura lieu de déterminer la nature de diverses formations dont la signification est encore douteuse.

On trouve ainsi fréquemment, surtout dans les cellules épithéliales, des sphérules d'aspect variable, tantôt réfringentes, tantôt granuleuses, dont l'interprétation est fort embarrassante. Au premier abord, on se trouve naturellement porté à les considérer comme des corps étrangers absorbés par la cellule ; mais leurs réactions paraissent leur assigner une origine toute différente. Il semble que ce soient des portions de la cellule ou de

(1) On a vu qu'à une époque antérieure ce terme était employé comme synonyme de *vacuoles*.

son noyau, devenues libres dans l'élément, à la suite de quelque phénomène de partition ou de gemmation intracellulaire.

D'autre part, l'évolution des produits cellulaires demeure parfois assez obscure et l'on peut facilement les confondre avec les granulations du paraplasma.

Ceci conduit à rechercher si l'on peut admettre une certaine division du travail au sein de la masse protoplasmique et si l'on est en droit d'assigner quelques fonctions spéciales à ses deux portions.

Si délicate que soit une telle question, elle paraît aujourd'hui résolue, grâce au concours de l'histologie zoologique.

L'observation longtemps prolongée des Protozoaires, l'étude attentive des éléments agrégés pour former les tissus larvaires, telle est, en effet, la seule méthode qui permette de faire discerner la part qui revient aux deux parties du protoplasma dans les actes de la vie cellulaire.

Les manifestations physiques se localisent dans l'hyaloplasma ; non seulement il demeure chargé des relations extérieures, mais il doit encore assurer les préliminaires de la nutrition et l'introduction des aliments. Sa structure trabéculaire, sa contractilité et son élasticité suffisent à faire comprendre comment il se trouve tout désigné pour de telles fonctions.

C'est au contraire dans la sphère des actions chimiques que doit principalement se déployer l'activité du paraplasma ; essentiellement fluide, il s'y prête merveilleusement : *corpora non agunt nisi soluta.*

D'innombrables réactions s'accomplissent ainsi dans

le plasma de l'Amibe : ici s'exerce une véritable fonction peptogène ; là des diastases se forment pour attaquer les aliments de nature amylacée ; ailleurs une secrétion acide apparaît pour neutraliser l'alcalinité de l'eau qui a pu être ingérée avec les aliments. Ceux-ci, mêlés au paraplasma, se confondent peu à peu avec lui et, grâce à sa mobilité, grâce aux déplacements provoqués par les contractions des filaments hyaloplasmiques, se répandent dans toute la masse de l'Amibe ou de la cellule.

On voit quelle importance acquiert pour elle cette différenciation du protoplasma : qu'il s'agisse de subvenir à son propre entretien ou d'élaborer les produits qu'elle doit verser dans le milieu intérieur de l'association, ses forces s'en trouvent décuplées. Condition nécessaire de tout progrès, la grande loi de la division du travail s'affirme, dans la cellule comme dans l'organisme le plus complexe, avec ses nombreux et féconds résultats.

Les faits qui viennent d'être exposés, les considérations qui s'en déduisent, tout en un mot concourt à montrer combien il serait enfantin de vouloir imposer au protoplasma une formule chimique unique et constante, comme on l'a tenté à diverses époques. Essentiellement vivant et actif, sans cesse soumis à des actes d'assimilation et de désassimilation, formant des produits qu'il emmagasine ou qu'il abandonne au contraire dans le milieu intérieur, le protoplasma ne saurait offrir la même composition à deux moments différents, si rapprochés qu'on les suppose. Toujours

comparable à lui-même au point de vue biologique, il ne l'est jamais au point de vue chimique.

Il serait aussi imprudent d'imiter certains auteurs qui veulent ramener le protoplasma, non plus à la valeur d'un produit immédiat, mais à la réunion, on dirait volontiers à la combinaison de douze substances différentes, pas une de plus, pas une de moins. Ce qui suffit à nous édifier sur la rigueur d'une telle conception, c'est que, pour la faire accepter, on présente les douze principes comme possédant les mêmes réactions, c'est-à dire celles des substances albuminoïdes.

Tel est, en effet, le seul critère chimique du protoplasma ; il est, on le voit, très général et n'a pas changé depuis Hugo von Mohl : prise dans son ensemble, la masse protoplasmique se colore en jaune par l'iode, en rouge par l'azotate acide de mercure, en rose par l'acide sulfurique en présence du sucre, en violet par l'action successive du sulfate de cuivre et de la potasse, etc. Quant à chercher à préciser davantage, ce serait dépasser les données de l'observation.

On doit toutefois reconnaître que la composition de l'hyaloplasma demeure plus constante que celle du paraplasma, puisque les actes chimiques y sont réduits au minimum ; aussi a-t-on voulu considérer l'hyaloplasma comme formé essentiellement par l'une des nombreuses substances auxquelles il vient d'être fait allusion ; ce serait la *plastine*. Bornons-nous à la mentionner, car il est évident que, même pour l'hyaloplasma, il ne saurait être question de réduire la substance protoplas-

mique à un principe unique et constamment défini par une immuable formule.

A l'égard du paraplasma, une telle prétention serait encore moins défendable, puisqu'il renferme à la fois : les nutriments introduits dans la cellule pour son entretien, les déchets qui résultent de sa nutrition, les produits dus à son activité et les inclusions qu'elle a pu s'incorporer accidentellement.

Lorsque ces diverses substances sont en quantité notable, elles peuvent disjoindre les mailles de l'hyaloplasma et se creuser dans le paraplasma des *vacuoles* (1), où elles se rassemblent. Il est rare que ces substances soient partiellement ou totalement liquides au point de former un vrai *suc cellulaire*. Dans tous les cas, sa notion est infiniment moins importante et plus restreinte en histologie zoologique qu'en histologie végétale.

Une autre disposition réclame au contraire ici une attention particulière, en raison de la fréquence avec laquelle elle se présente et des conséquences qu'elle peut avoir pour la constitution de la cellule animale. Aussi

(1) Ce terme de *vacuoles* a malheureusement été employé avec des acceptions assez différentes et souvent appliqué à divers produits formés dans la cellule.

Récemment on a ainsi désigné sous ce nom les masses sphéroïdales et hyalines qui s'observent parfois dans les cellules nerveuses de l'Homme et que l'on a considérées comme de nature pathologique ; cette signification paraît d'autant plus contestable que les mêmes formations se montrent fréquemment dans les cellules nerveuses de divers Invertébrés (Crustacés, etc.).

est-il indispensable d'en dire quelques mots avant d'abandonner l'étude anatomique du protoplasma.

J'ai supposé, pour plus de simplicité, que l'ensemble formé par les filaments de l'hyaloplasma demeurait sensiblement comparable et uniforme dans toutes les parties de la masse. Or, il n'en est pas toujours ainsi, et l'on observe souvent une réelle différenciation.

Celle-ci est des plus manifestes chez beaucoup de Protozoaires, spécialement chez les Infusoires ciliés, où la partie périphérique se trouve parcourue par un réseau hyaloplasmique, dont la valeur fonctionnelle est considérable, puisqu'il peut constituer un véritable appareil excréteur destiné à expulser au dehors les produits de désassimilation.

Sans acquérir une pareille importance dans les cellules agrégées des Métazoaires, les modifications de l'hyaloplasma ne s'y montrent pas moins fort intéressantes, surtout dans la région périphérique de l'élément.

On voit ses mailles se rapprocher pour constituer une zône qui, par son aspect et souvent aussi par sa réfringence, pourrait faire croire à l'existence d'une membrane cellulaire.

Cette erreur a même été commise par des observateurs distingués. En réalité, il s'agit d'une simple condensation de l'hyaloplasma formant cette zône extérieure et bien vivante que l'on désigne sous le nom d'*ectosarque*, par opposition à la masse qu'elle entoure et qui reçoit le nom d'*endosarque*.

Ces termes reviendront d'autant plus souvent ici que

la cellule animale n'est généralement limitée que par cette couche différenciée. On doit donc bien s'entendre sur la signification des termes qui viennent d'être employés : l'ectosarque est une simple formation hyaloplasmique; l'endosarque comprend à la fois le reste de l'hyaloplasma et la totalité du paraplasma.

L'existence d'une couche hyaloplasmique différenciée à la périphérie de la cellule rend compte de diverses particularités intéressantes ; elle permet de comprendre, sans invoquer aucune cause mystérieuse, la résistance que rencontre la coloration de la cellule vivante par certaines teintures d'origine animale ou végétale, etc.

3. — LIMITATION DU PROTOPLASMA, COUCHES PLASMODIALES, ETC.

A défaut d'une vraie membrane utriculaire ou pariétale, il suffit de la formation d'un ectosarque pour que l'individualité cellulaire soit nettement déterminée ; mais, en l'absence d'une telle différenciation, ce n'est pas seulement la forme, c'est l'étendue même de l'unité protoplasmique qui devient délicate à délimiter.

Toutefois, il est rare que la masse plasmatique puisse atteindre des dimensions telles que cette question soit difficile à trancher. Abstraction faite du célèbre *Bathy-*

bius (fig. 52), sur lequel plane encore une si grande incertitude, l'étude de ces « plasmodies » s'impose surtout aux botanistes. Il suffit de mentionner les Myxomycètes, comme la Fleur de Tan *(Fuligo septica)* qui atteint trois décimètres de diamètre pour évoquer, à cet égard, des souvenirs classiques.



Fig. 52. — *Bathybius Hæckelii.* La figure représente une petite partie du réseau protoplasmique nu.

Les zoologistes peuvent en rapprocher quelques faits qui, pour être connus, sont pourtant fort intéressants.

Sans insister sur certains Foraminifères qui mesurent plusieurs centimètres de diamètre, je rappellerai l'existence, dans l'ectoplacenta des Rongeurs, d'une large zône que M. Mathias Duval a très justement décrite sous le nom de *couche plasmodiale.* Tantôt elle est purement plasmatique, tantôt, comme dans les gros sinus des cotylédons utérins, elle se segmente en cellules individualisées qui peuvent être globuleuses ou fusiformes.

Cet exemple montre avec quelle circonspection il convient d'interpréter ces masses plasmodiales et quelles réserves doivent être formulées à l'égard de leur individualisation.

Même lorsque la masse semble être le plus franche-

ment plasmatique, elle offre presque toujours de nombreux noyaux qui permettraient difficilement d'y voir un organisme simple ; de fait, on est aisément conduit à la regarder comme formant un agrégat de cellules confondues ou fusionnées.

L'histologie comparée fournit à cet égard de nombreuses observations fort instructives et dont je regrette de ne pouvoir citer que quelques exemples.

Dans certains cas, ce sont des cellules non seulement autonomes, mais d'abord libres et distinctes, qui s'unissent ultérieurement pour se confondre en une sorte de plasmodie. Les globules sanguins ou leucocytes des Echinodermes et des Insectes se rapprochent souvent ainsi pour former des amas plus ou moins considérables. Le fait s'observe aussi très fréquemment à l'égard de diverses cellules pigmentifères.

Ailleurs ce sera un vrai tissu, une couche cutanée, une muqueuse intestinale, etc., qui se montrera tantôt sous un aspect franchement cellulaire, tantôt comme une simple masse granulée, anhiste et semée de noyaux.

Les téguments des Arthropodes et des Vers offrent souvent de semblables variations ; elles expliquent l'incertitude des auteurs et les divergences qui se remarquent entre leurs descriptions : ici le tégument est représenté comme formé par de vraies cellules, là il est à peine mentionné comme une zône granuleuse, sans structure propre.

En général, il suffit d'une étude attentive, poursuivie

aux principaux stades du développement pour se rendre compte de ces différences et rapprocher méthodiquement les états qu'elles expriment.

Pour permettre d'en juger, je me borne à rappeler ce qui s'observe chez une Anguillule que j'ai déjà eu l'occasion de mentionner.

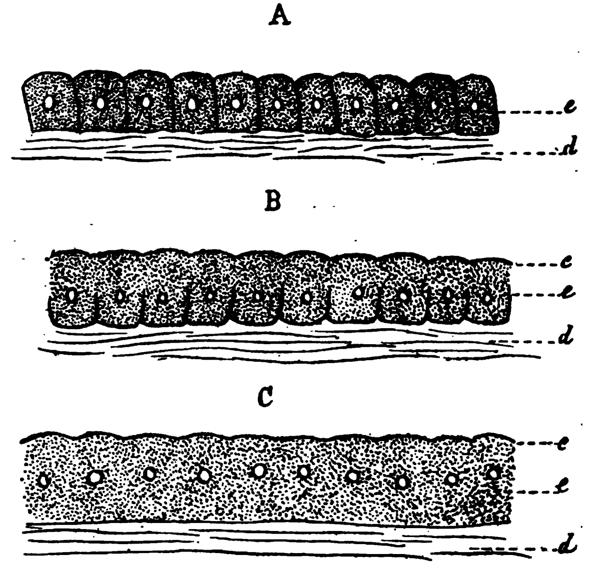


Fig. 53. — *Heterodera Schachtii*. Tégument observé aux trois stades (A, B, C) de son évolution : *c*, cuticule ; *e*, épiderme ou hypoderme ; *d*, derme ou tissu conjonctif sous-cutané. (Joannes Chatin.)

Dans cette Anguillule des Betteraves (*Heterodera Schachtii*) comme chez les autres Nématodes, le tégument (fig. 53), est essentiellement formé de trois

couches : la cuticule (C), l'épiderme (E) et le derme (D). Elles sont loin d'avoir la même valeur, car la cuticule est une simple émanation de l'épiderme.

Celui-ci peut offrir des états très différents, ainsi qu'on peut le constater aisément, à la simple inspection de ces trois figures (A, B et C).

En A, l'épiderme est une couche nettement cellulaire ; les éléments qui prennent part à sa constitution sont de forme prismatique et bien limités ; la cuticule est à peine différenciée.

En B, les frontières des éléments épidermiques tendent à s'effacer et les cellules ne sont plus distinctes que dans leur partie inférieure ; elles ont au contraire fusionné, pour ainsi dire, dans leur portion apicilaire que recouvre la cuticule (*c*).

Enfin, en C, cette tendance s'est pleinement réalisée, toute limite a disparu ; il est impossible de séparer en champs cellulaires l'épiderme qui n'apparaît plus que comme une zône anhiste et inerte. Simple apparence, car les noyaux y demeurent pour témoigner de la structure antérieure et pour montrer, le cas échéant, que cette couche est toujours active et vivante.

4. — PROPRIÉTÉS DU PROTOPLASMA

Tout en devant rester général et élémentaire, cet exposé serait incomplet, s'il ne donnait aucune place à

l'étude des propriétés du protoplasma. Il faut au moins les énumérer actuellement en réservant leur analyse. On ne saurait, en effet, poursuivre celle-ci sans anticiper sur le tableau qui devra être ultérieurement tracé de la vie cellulaire.

Le protoplasma représentant la partie essentiellement active de la cellule, ses propriétés ne sont que les attributs mêmes de la vie et peuvent être rapidement esquissées.

Dès que les conditions ambiantes le lui permettent, le protoplasma absorbe de l'oxygène, ce « pabulum vitæ », et exhale de l'acide carbonique ; il est ainsi le siège d'une véritable *respiration.*

D'autres produits de désassimilation viennent se joindre à l'acide carbonique pour être expulsés du protoplasma, tandis que diverses substances doivent y être introduites et absorbées. On retrouve donc ici tous les actes essentiels de la *nutrition.* Si les entrées l'emportent sur les sorties, le protoplasma s'accroît ; dans le cas contraire, il diminue de volume, dépérit et meurt plus ou moins promptement.

Nous savons que la *contractilité* est une propriété caractéristique du protoplasma, car c'est elle qui révéla sa véritable nature à Dujardin ; elle en représente comme le critère physiologique et cette seule considération eût dû faire maintenir dans le langage scientifique le terme de sarcode que l'habile micrographe avait si heureusement proposé.

La contractilité semble, comme nous l'avons dit,

résider surtout dans l'hyaloplasma. Sur les cellules privées de membrane ou d'ectosarque suffisamment dense, elle peut provoquer l'apparition de pseudopodes.

Pour être moins évidente, elle ne disparaît pas dans les cellules à forme définie, seulement ses manifestations se localisent alors dans l'intérieur de l'élément où elles ne laissent pas d'être assez variées pour offrir souvent un très vif intérêt. La contractilité de l'hyaloplasma, modifiant sans cesse la longueur de ses filaments et la largeur des mailles dans lesquelles est emprisonné le paraplasma, met celui-ci en mouvement et détermine des phénomènes de translation que les granules paraplasmiques permettent de suivre aisément.

Ces mouvements sont surtout faciles à étudier chez les jeunes cellules ; on leur a donné le nom de *circulation intracellulaire ;* terme qui est surtout acceptable au point de vue des résultats fonctionnels dûs à ces déplacements : ils ont, en effet, pour conséquence, de distribuer et de répartir également les ingesta et les excreta dans toute la masse cellulaire, y maintenant ainsi l'équilibre qui serait rompu par une stagnation prolongée de ces principes sur tel ou tel point de l'élément.

La circulation intracellulaire (fig. 54) fut entrevue par Corti en 1772, mais elle fut réellement étudiée par Trêviranus en 1806. Durant de longues années, on la considéra comme un phénomène merveilleux et énig-

matique ; on lui assignait toutes sortes d'interprétations plus absurdes les unes que les autres. Elle ne fut rapportée à sa véritable nature que quand on connut la réelle constitution du protoplasma.

Ainsi que nous venons de le voir, c'est le paraplasma qui prend part à ces déplacements, mais leur cause réside dans la contractilité de l'hyaloplasma.

Quand on observe durant quelques instants un des courants plasmatiques ainsi déterminés, on voit sa force, sa largeur, sa vitesse et sa direction se modifier incessamment. Un courant d'abord assez rectiligne s'incurve brusquement, élargit son lit, puis gagne le centre de la cellule dont il semblait d'abord devoir suivre le contour ; il se réunit à d'autres courants et, du point de jonction, les granules peuvent être entraînés dans une nouvelle direction ou ramenés, au contraire, vers leur cours primitif. Si l'on ajoute que le noyau est ainsi généralement

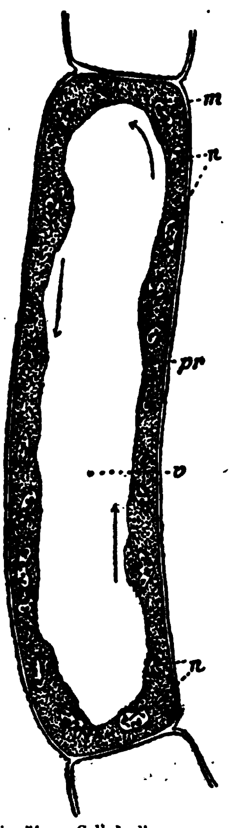


Fig. 54. — Cellule d'un rameau de *Chara fœtida* adulte : *n*, noyaux multiples, où la formation nucléinienne se montre sous l'aspect de sphérules, ou de tronçons anguleux et séparés. — Les flèches indiquent la direction du courant intracellulaire au moment de l'observation. (Carnoy).

déplacé et transporté tantôt à la périphérie, tantôt en un point quelconque de la cellule, on comprendra toute la variété et toute l'étendue des phénomènes dont celle-ci est alors le théâtre.

On s'explique ainsi comment l'observation de la circulation intracellulaire n'a cessé d'être un objet de curiosité, tenant une large place dans l'attention des personnes qui ne demandent au microscope qu'un passe-temps.

Surtout facile à étudier dans l'intérieur des cellules végétales *(Chara*, *Urtica urens*, *Vallisneria spiralis*, etc.) la circulation protoplasmique a été également décrite dans diverses cellules animales comme les cellules cartilagineuses, plusieurs cellules pigmentifères, etc. Elle s'observe aisément chez de nombreux Protozoaires, et joue un rôle important dans leurs phénomènes de nutrition.

Nous venons de voir que, pour les cellules à forme définie et à contour déterminé, les manifestations de la contractilité se trouvaient généralement localisées dans l'intérieur de la cellule ; mais il n'en est pas toujours ainsi, certains éléments offrant à cet égard des dispositions particulières que nous ne saurions passer sous silence, car elles acquièrent, en histologie animale, un réel intérêt.

Dans ces cellules, on voit l'endosarque envoyer à travers l'ectosarque ou la membrane, des prolongements qui conservent la contractilité inhérente à toute

formation protoplasmique. Exécutant des mouvements rapides, ils déterminent soit la translation de la cellule si elle est libre, soit le déplacement du liquide qui la baigne si elle est sédentaire ou fixée. Quand ces prolongements sont peu nombreux et fort allongés, on dit que la cellule est flagellée ; lorsqu'ils sont courts et nombreux, on la dit ciliée ou vibratile.

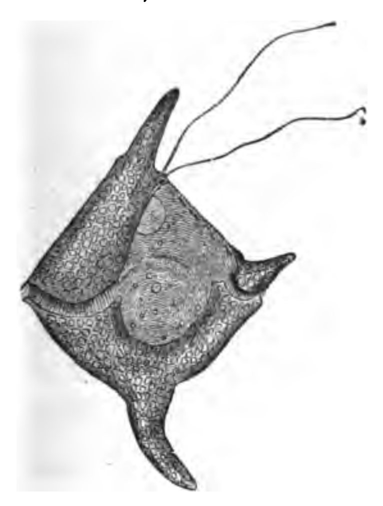


Fig. 55. — *Ceratium cornu*. Deux longs flagellums s'articulent à la base de l'une des cornes.

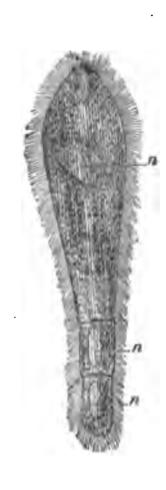


Fig. 56. — *Opalina lineata*. Le corps de cet Infusoire est revêtu de cils vibratiles dans toute son étendue.

Les flagellums (fig. 55) et les cils vibratiles (fig. 56) sont très répandus chez les Protozoaires et s'observent également sur nombre d'éléments des Métazoaires (fig. 57). Le fait a été déjà signalé à propos des diverses formes

que peut revêtir la cellule animale, mais on doit y insister plus spécialement ici, en raison de l'intérêt qu'il présente.

Nous venons de rapporter les cils et les formations analogues au protoplasma interne de la cellule. Or,

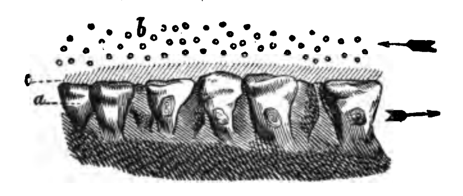


Fig. 58. — Épithélium vibratile : *a*, cellules ; *b*, cils ; *c*, corpuscules nageant dans le liquide ambiant et que les cils chassent dans le sens de la flèche.

pour certains auteurs, il en eût été autrement : suivant eux, ces appendices eussent été purement cuticulaires, émanant de la membrane cellulaire, sans avoir aucun rapport avec le protoplasma. Une telle opinion est entièrement fausse et indéfendable, car elle est en contradiction formelle avec les faits.

Les cils, etc., n'appartiennent nullement à la paroi : lorsque celle-ci existe, elle offre des pertuis pour leur livrer passage, mais ne peut réclamer aucune part dans leur formation.

C'est du protoplasma qu'ils tirent leur racine et cette expression n'a rien de figuré : sur plusieurs types de cellules vibratiles, M. Rouget a vu des stries filiformes prolongeant les cils jusqu'au sein du protoplasma.

Des dispositions analogues ont été constatées par Engelmann sur les Infusoires, spécialement sur le *Stylonichia* (fig. 58): chez ce Protozoaire, on voit partir de chaque cil marginal une sorte de fibre pâle qui s'enfonce sous la cuticule pour gagner le centre du corps.

A ces observations directes on peut ajouter bien des faits établissant la nature plasmatique, non cuticulaire, des cils ou des flagellums : comme le protoplasma, ils sont coagulés par les acides et dissous par les alcalis faibles, tandis que la cuticule oppose à ces réactifs une tout autre résistance, etc.

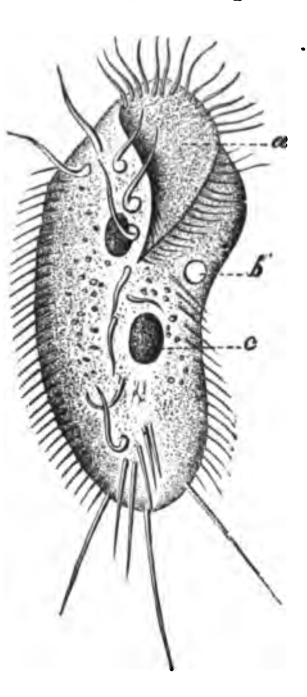


Fig. 58. — *Stylonichia mytilus.*

En outre, il est facile de montrer leur intime parenté avec les pseudopodes des cellules amiboïdes. Dujardin l'avait déjà signalée; on peut aisément la mettre hors de doute en choisissant certains types. Evidemment si l'on veut comparer le pseudopode court, arrondi, lobé de l'Amibe avec le cil ou le flagellum typique, on éprouvera quelque peine à reconnaître leurs affinités; mais si

l'on s'adresse aux pseudopodes grêles et filamenteux

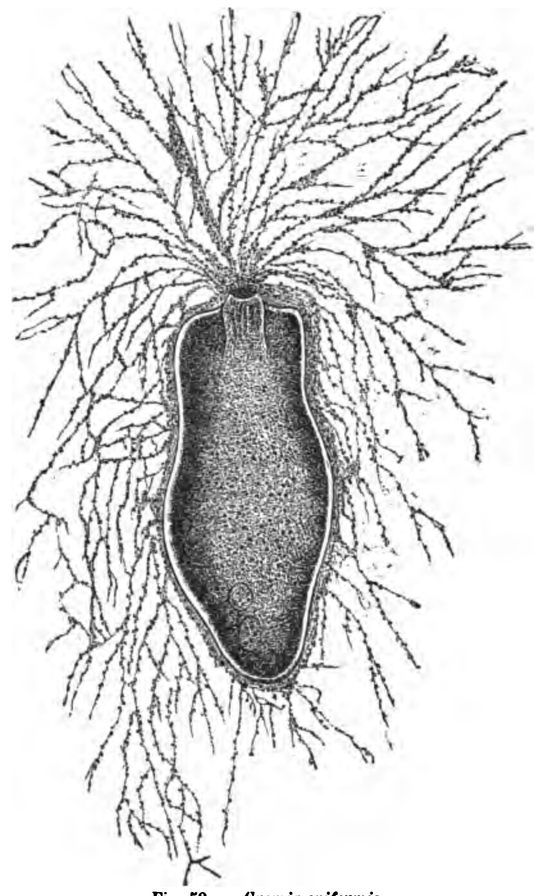


Fig. 59. — *Gromia oviformis.*

des Foraminifères (fig. 59), on verra le rapprochement

devenir aussitôt manifeste. Il s'affirme non seulement par l'aspect du pseudopode, mais aussi par son fonctionnement, car son extrémité se montre animée d'un mouvement vibratoire analogue à celui du cil ordinaire.

Le cadre de ce chapitre ne permet pas d'insister sur toutes les variations de ces appendices formant ici de longs flagellums, là une toison de cils tenus, ailleurs des cirres styliformes, comme chez divers Protozoaires, ou comme sur certains éléments auditifs des Batraciens (fig. 60). L'essentiel était de mettre hors de doute leur origine; nous savons maintenant qu'elle réside dans le protoplasma et n'exprime qu'une extension de sa faculté maîtresse, la contractilité.

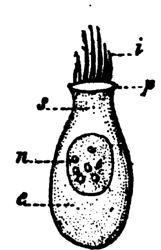


Fig. 60. — Cellule auditive de la Grenouille : *c*, corps de la cellule; *s*, son sommet; *n*, noyau; *p*, plateau; *i*, appendices styliformes (J. Chatin).

C'est encore grâce à cette propriété que le protoplasma peut répondre aux différents excitants extérieurs, témoignant d'une véritable *sensibilité* qui vient ainsi clore la liste des attributs vitaux dont il offre le tableau complet.

C'est principalement sur les plasmodies qu'on peut constater l'effet des excitants extérieurs et apprécier les réactions qu'ils provoquent.

On voit le Myxomycète fuir la lumière vive, marcher vers la lumière diffuse, se déplacer dans une direction

opposée à celle de la pression ou de l'excitation à laquelle on le soumet, etc.

De même pour le protoplasma cellulaire : les actions chimiques ou mécaniques, les influences physiques, etc., tantôt ralentissent ou suspendent, tantôt accélèrent et multiplient ses mouvements, déterminant ainsi la manifestation de nombreux actes que l'on groupe souvent sous le nom trop vague de *phénomènes d'irritabilité protoplasmique ;* si l'on veut faire usage de ce terme d'*irritabilité,* il faut alors lui rendre la large acception que lui donnait Haller, car il doit exprimer la résultante de toutes les actions vitales.

Elles se retrouvent toutes, en effet, dans le protoplasma. S'il doit être décrit comme la partie fondamentale de la cellule, ce n'est pas seulement en raison de sa masse et de son volume qui l'emportent généralement sur l'ensemble de l'élément, c'est encore et surtout en raison de sa perpétuelle mobilité et de ses échanges incessants. C'est ainsi que la célèbre image du *tourbillon vital,* si chère à Cuvier, devient applicable à la cellule comme à l'organisme le plus complexe.

CHAPITRE III

DU NOYAU

Nous avons vu précédemment que la découverte du noyau datait du XVIIIe siècle et devait être rapportée à Fontana, mais nous avons pu constater que durant cent ans on s'était borné à le mentionner sans acquérir aucune notion précise sur sa structure et ses fonctions.

Ce fut seulement dans ces dernières années, qu'on put aborder sérieusement l'étude du noyau ; un volume ne suffirait pas à résumer les plus importantes de ces recherches. Nous avons déjà eu d'ailleurs l'occasion de les citer ; aussi crois-je inutile de revenir sur ces détails historiques et bibliographiques. Parmi les observateurs qui se sont consacrés avec le plus de succès à l'analyse

si délicate de la texture nucléaire, il faut rappeler les noms de Miescher, Flemming, Strasburger, Carnoy et surtout de nos deux compatriotes MM. Balbiani et Guignard qui n'ont pas seulement enrichi de nombreux faits nouveaux l'histoire du noyau, mais l'ont exposée avec une clarté et une précision qui se rencontrent trop rarement dans les publications des auteurs étrangers.

1. — PRÉSENCE OU ABSENCE DU NOYAU

Une question préjudicielle se pose tout d'abord. La cellule possède-t-elle toujours un noyau ou peut-elle, au contraire, s'en montrer dépourvue ?

Dans quelques éléments, on signale l'absence du noyau ; mais le fait est rare et presque exceptionnel. Aussi doit-on toujours multiplier les observations avant de conclure à une semblable particularité.

Bien souvent, en effet, le noyau existera réellement, mais ne se distinguera que difficilement au sein du protoplasma ou sera même impossible à découvrir dans la cellule vivante.

Tel est le cas pour certains éléments du cristallin et de la cornée ; il se présente aussi pour les cellules épi-

théliales de divers organes (vessie, branchies, etc.) chez les larves d'Amphibiens.

Parfois la présence ou l'absence du noyau dépendra du stade de l'évolution.

Les hématies des Vertébrés sont remarquables sous ce point de vue : chez les Mammifères, leur noyau n'a qu'une durée éphémère et n'existe que dans l'élément embryonnaire ; chez beaucoup de Batraciens, au contraire, le noyau ne se montre que sur l'hématie adulte.

Ailleurs, le noyau tantôt se montrera nettement, tantôt deviendra difficile ou même impossible à découvrir selon la période fonctionnelle durant laquelle on observera l'élément.

Les cellules lymphatiques, leucocytes, ou globules sanguins de beaucoup d'Invertébrés le prouvent nettement. Je me borne à citer l'exemple des Astérides (fig. 61). Chez ces Echinodermes, la cellule lymphatique jeune est presque régulière, incolore, avec un noyau très apparent (A) ; bientôt l'élément grandit et devient amiboïde (B) ; puis le pigment jaune se différencie au sein du protoplasma, mais le noyau est toujours visible (C). — Lorsque l'élément est en pleine activité, émettant de nombreux pseudopodes, un abondant pigment le remplit et empêche totalement de voir le noyau (D) ; enfin le pigment s'atténue et disparaît, permettant d'observer de nouveau le noyau.

Il ne faut donc pas regarder l'absence de celui-ci comme un signe de sénilité et de mort prochaine pour l'élément ainsi caractérisé. Sans doute une telle

conclusion serait souvent justifiée, car dans beaucoup de cas, le noyau se détruit chez les vieilles cellules

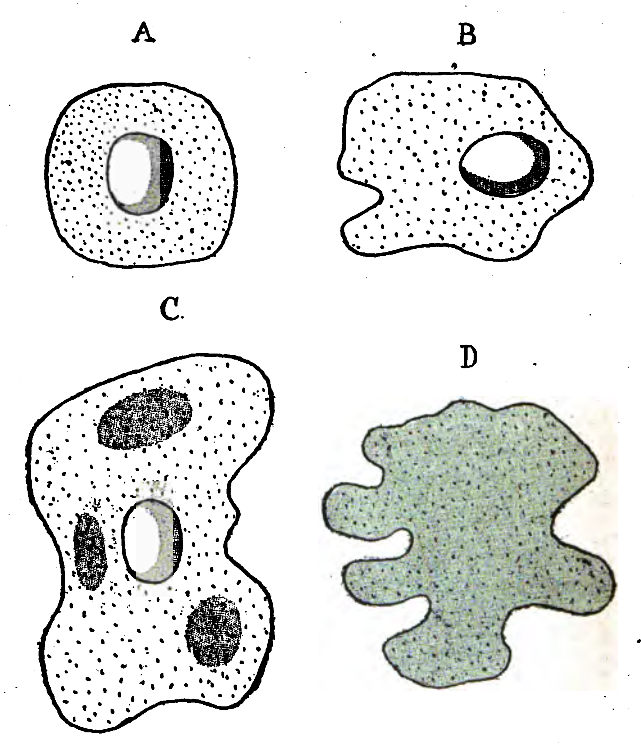


Fig. 61. — Leucocyte d'une Étoile de mer : en A et B, le protoplasma ne renferme que des granulations incolores et le noyau est bien visible ; en C, le pigment commence à apparaître, formant trois ilôts ; en D, le pigment a envahi tout l'élément, masquant complètement le noyau. (Joannes Chatin.)

destinées à disparaître ou ne devant plus remplir

qu'un rôle mécanique; mais l'exemple des hématies suffit à prouver qu'il n'en est pas toujours ainsi pour les cellules animales. Les botanistes nous fourniraient des exemples analogues : les tubes grillagés ne présentent généralement plus de noyau, alors que leur protoplasma est encore en pleine vitalité.

Pour revenir à la question générale que nous traitons en ce moment, nous voyons que la présence du noyau semble générale pour les cellules agrégées des Métazoaires et que les exceptions, de jour en jour moins nombreuses, demandent à être examinées et interprétées avec la plus minutieuse attention.

La même conclusion doit vraisemblablement être étendue aux Protozoaires. Cependant toute discussion n'est pas encore close à leur sujet.

Remarquons d'abord qu'elle ne semble plus devoir s'ouvrir à l'égard de ceux de ces animaux qui revêtent le moindre caractère de complexité. Si, chez certains d'entre eux, on a signalé l'absence du noyau, on doit sans doute l'imputer à des circonstances analogues à celles qui viennent d'être relevées à l'égard des cellules agrégées des Métazoaires.

Tel est le cas de l'*Actinophrys sol* décrit par Hæckel comme privé de noyau ; or, depuis ses recherches (1870), on a trouvé nombre d'individus de cette espèce qui offraient un noyau au milieu de leur sarcode.

Restent donc les êtres purement amiboïdes. Dans la plupart des cas on découvre encore facilement leur noyau, Quelques-uns s'en trouveraient privés. On a vu comment Huxley a voulu former avec les monères ainsi caractérisées, une division zoologique assez importante, puisqu'il l'opposait à l'ensemble des autres Protozoaires groupés par lui sous le nom malheureux « d'Endoplastiques. »

Hæckel, de son côté, avait accordé une attention particulière à ces êtres qu'il qualifiait de Cytodes. Leur nombre diminue progressivement ; il en est même chez lesquels on a trouvé plusieurs noyaux.

A la vérité les Bactéries semblent dépourvues de noyau ; mais, outre qu'elles appartiennent à la série végétale et peuvent être négligées ici, il ne faut pas oublier que les connaissances que nous possédons sur les microrganismes sont purement relatives, subordonnées à l'état et aux progrès de la technique.

De ce que le noyau de divers Amibes, Bactériens (fig. 62), etc., ne s'est pas encore révélé à notre examen, il ne s'ensuit pas qu'il y fasse réellement défaut et qu'il ne doive jamais y être observé. Il peut fort bien s'y trouver en quelque sorte à l'état diffus, car nous connaissons déjà un certain nombre d'exemples dans lesquels la substance nucléaire s'est ainsi montrée sous forme de particules disséminées au sein du protoplasma cellulaire. C'est sous cet état qu'on l'a décelée dans diverses levûres et tel est peut-être l'aspect sous lequel on devra

ultérieurement l'admettre chez les types aujourd'hui décrits comme privés de noyau.

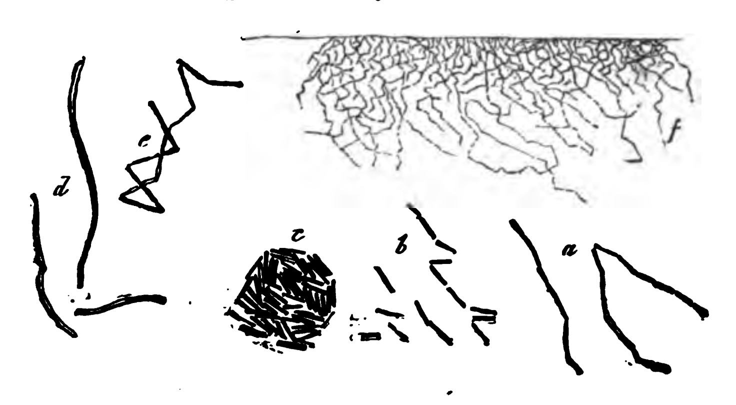


Fig. 62. — Bactéries en chainette : *a*, chaînette ; *b*, cette même chainette après sa division en articles ; *c*, amas de vibrions au repos (zooglée) ; *d*, vibrions plus développés ; *e*, leur mode de formation ; *f*, structure d'une membrane de putréfaction au bord d'une goutte d'eau.

Ce n'est pas seulement l'histologie du noyau, c'est aussi sa physiologie qui conduit à en pressentir la constance dans la cellule. Certaines expériences instituées sur des Protozoaires nettement nucléés, sont à cet égard fort instructives : si l'on obtient, par une section artificielle, un fragment dépourvu de noyau, on constate que ce fragment ne parvient pas à régénérer les parties qu'il a perdues, ne cicatrise même pas sa plaie et ne tarde pas à se désorganiser.

De tels résultats portent en eux-mêmes leur enseignement ; aussi peut-on se dispenser d'y insister actuel-

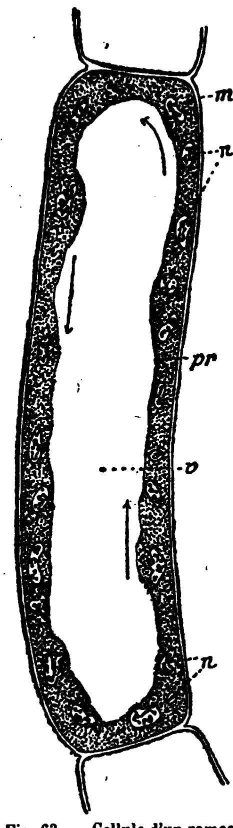


Fig. 63. — Cellule d'un rameau de *Chara fœtida* adulte : *n*, noyaux multiples, où la formation nucléinienne se montre sous l'aspect de sphérules, ou de tronçons anguleux et séparés. — Les flèches indiquent la direction du courant intracellulaire au moment de l'observation. (Carnoy).

ment ; ils seront plus utilement invoqués lorsqu'il s'agira d'établir les fonctions du noyau.

Une autre question vient en revanche s'imposer ici tout particulièrement à notre attention : la cellule peut-elle offrir plusieurs noyaux ?

Longtemps contestée par l'anatomie végétale qui a dû finalement l'admettre (fig. 63), la présence de noyaux multiples ne saurait être l'objet d'aucun doute pour l'histologie zoologique.

Je crois même ne pas sortir des limites qui me sont tracées en insistant sur ce point et en affirmant qu'il n'est guère de tissu animal où l'on ne puisse, plus ou moins souvent, observer le fait.

Il est aisé de le constater dans ces « cellules géantes » qui se présentent sous diverses formes et qu'on trouve normalement dans la moëlle des os, etc. ; anormalement dans certaines tumeurs (fig. 64). Il n'est pas rare d'y

voir quatre, dix ou vingt noyaux qui parfois se groupent en une masse framboisée.

De même pour les cellules cartilagineuses. Chez la Lamproie, on peut pratiquer plusieurs coupes du cartilage crânien sans rencontrer une cellule uninucléée : tous les éléments, ou presque tous, possèdent plusieurs noyaux.

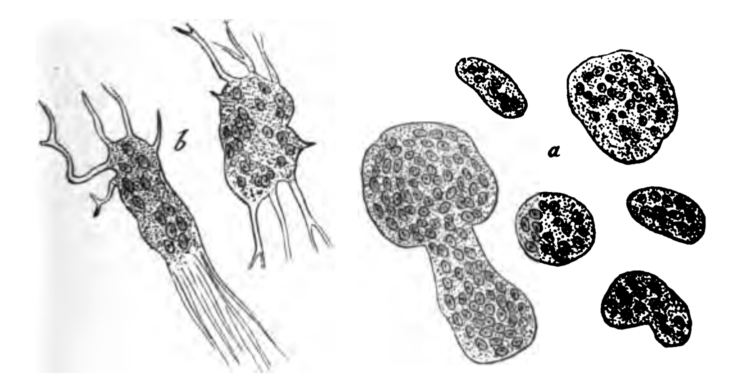


Fig. 64. — Cellules géantes : *a*, globuleuses (VIRCHOW) ; *b*, avec prolongements (BILLROTH).

Cette particularité peut aussi s'observer chez les leucocytes. Toutefois il importe d'être réservé en ce qui les concerne (1), car il semble que fort souvent la mention de prétendus leucocytes multinucléés ait été le résultat d'erreurs causées par une technique défectueuse.

(1) Ranvier, in *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CX, 1890, p. 476.

Les Protozoaires peuvent offrir plusieurs noyaux, et nous aurons plus tard à insister sur l'importance qu'il convient d'accorder au dédoublement de l'appareil nucléaire chez beaucoup d'entre eux, spécialement chez les Infusoires (fig. 65).

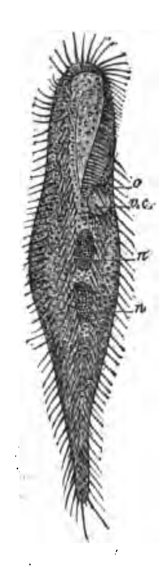


Fig. 65. — Oxytriche à queue : *o*, bouche ; *v.c*, vésicule contractile : *n*, *n*, les deux parties de l'appareil nucléaire.

Il est à peine nécessaire de rappeler qu'on observe souvent des noyaux multiples dans les cellules en voie de prolifération. Cette particularité s'explique par le rôle qui incombe au noyau dans les actes de division et de multiplication cellulaires. On peut ainsi (fig. 66) rencontrer plusieurs noyaux dans des éléments qui normalement n'en possèdent qu'un seul. Le fait est alors accidentel et indique simplement que la cellule est en voie de partition. Cette considération a été fréquemment méconnue et de graves erreurs ont été ainsi commises dans ces dernières années.

2. — FORMES DU NOYAU

La forme arrondie est très répandue, surtout chez les jeunes cellules tels que les ovules pris au début de leur

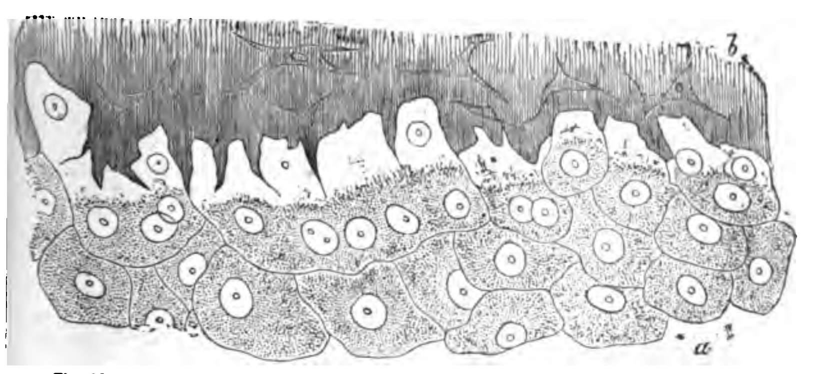


Fig. 66. — Régénération de l'épithélium de la cornée après une destruction artificielle : *a*, épithélium normal ; *b*, parenchyme dénudé. Entre les deux, cellules épithéliales en voie de multiplication et à noyaux multiples. (D'après Arnold.)

évolution (fig. 68), mais il faut ici encore, se garder de toute généralisation hâtive.

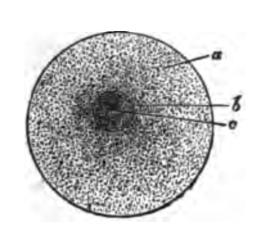


Fig. 67. — Jeune ovule nu : *a*, corps ; *b*, noyau ou vésicule germinative renfermant une tache germinative *c*.

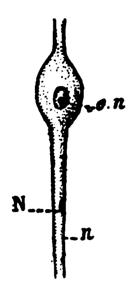


Fig. 68. — Cellule nerveuse (*c.n*) et nerf (*n*) d'un Crustacé (*Eupagurus Prideauxii*) : sur le nerf se voit un noyau allongé N, tandis que le noyau de la cellule nerveuse est ovoïde comme celle-ci. (Joannes Chatin.)

Le noyau peut en réalité revêtir les aspects les plus variés.

Très fréquemment la forme de l'élément influe sur celle du noyau et s'y reflète plus ou moins complètement : ainsi, dans les fibres musculaires et nerveuses, le noyau est généralement allongé (fig. 68) ; dans les cellules irrégulières des tubes de Malpighi et des glandes salivaires, séricigènes, etc., des Insectes, il devient rameux.

Quand nous étudierons les phénomènes de la multiplication cellulaire indirecte, nous verrons cette corrélation entre la forme du noyau et la forme du corps cellulaire qui l'entoure, retentir sur les figures karyokinétiques. Souvent les déformations locales du protoplasma cellulaire s'y traduisent de la manière la plus frappante.

Cependant, de ce que ces rapprochements entre la forme de la cellule et celle de son noyau sont fréquents, il n'en faudrait pas conclure qu'ils soient d'une constance absolue.

Il est des cas, en effet, où la dissemblance est incontestable. Parfois la cellule, régulièrement arrondie, possède un noyau des plus bizarres ; on en trouve l'exemple dans les cellules géantes de la moëlle chez plusieurs Mammifères (Hérisson, Musaraigne, Loup, Lapin, etc.) : ces cellules sont sphéroïdales, avec un noyau sinueux ou même ramifié. Dans les cellules des glandes mucipares des Batraciens et des Poissons, le noyau se montre multilobé, bien que le corps cellulaire soit régulier. De même pour les glandes sérici-

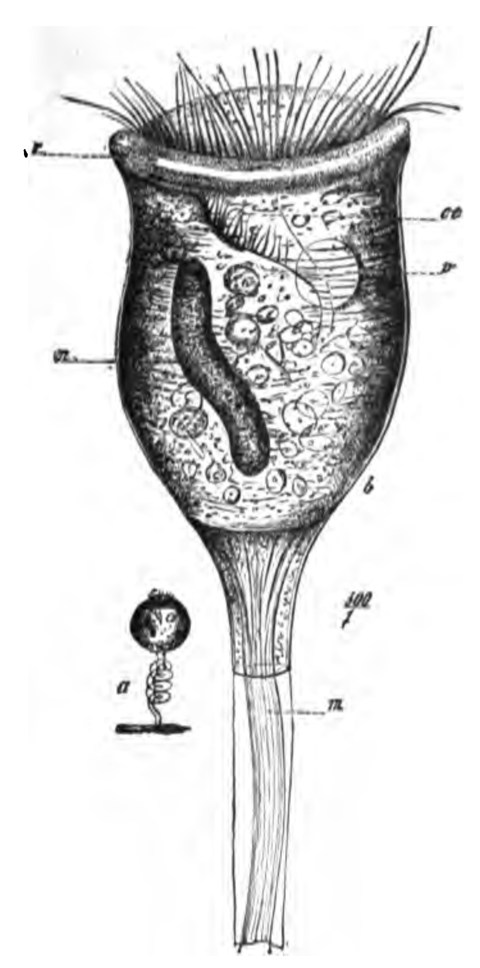


Fig. 69. — Vorticelle, représentée en *a*, dans l'état où elle se présente quand son pédoncule est contracté, et figurée en *b* dans sa partie supérieure, très grossie : *m*, pédoncule ; *b*, corps ; *n*, noyau aplati en biscuit ; *r*, bouche à péristome cilié ; *oe*, entonnoir dit œsophagien ; *v*, vésicule contractile.

gènes des Chenilles, dont les cellules ont un contour d'une régularité souvent géométrique, tandis que leurs noyaux revêtent les aspects les plus bizarres.

Dans les leucocytes, le noyau présente des formes innombrables, car il peut être en sphère régulière ou étranglée, en fer-à-cheval, en chapelet, en cylindre infléchi ou replié, en croissant, etc.

Cette variabilité s'observe également chez les Protozoaires, dont le noyau se montre allongé, aplati en biscuit (fig. 69), recourbé en fer-à-cheval, renflé en massue, déprimé en cuiller, moniliforme comme un chapelet, etc. Particularité remarquable, ces aspects se retrouvent chez les Spongiaires, c'est-à-dire chez les plus inférieurs des Métazoaires.

L'image qui compare l'Éponge à une colonie d'Amibes et d'Infusoires ne se justifie donc pas seulement par l'état amiboïde ou cilié de ses cellules; elle se reflète aussi dans les formes mêmes de leurs noyaux (1).

Ce qui empêche d'assigner toute forme précise au noyau considéré en général ou étudié spécialement chez tel type histique, c'est qu'on peut voir son aspect se modifier successivement dans la même cellule.

Parfois ces variations s'observent sur une cellule adulte et en pleine activité ; le cas s'est présenté pour des leucocytes et pour des cellules cartilagi-

(1) Joannes Chatin, *Contribution à l'étude du noyau chez les Spongiaires* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1890).

neuses ; on l'a rapporté tantôt à une contractilité propre du noyau, tantôt à des échanges osmotiques s'opérant entre celui-ci et le protoplasma cellulaire. Il est plus rationnel d'en chercher la cause dans certains actes de la vie cellulaire, dans une prochaine partition, etc.

Souvent ces changements de forme sont les premiers indices de la sénilité. Avant de disparaître, le noyau se dégrade et devient méconnaissable. Jusque-là sphérique ou elliptique, il se montre alors déprimé, bosselé, effilé à une extrémité et renflé à l'autre, etc. Ces nouveaux aspects sont si nombreux et si variés, qu'on ne saurait les énumérer. Il est donc inutile d'y insister, non plus que sur les formes présentées par le noyau au moment de la karyokinèse ; elles seront étudiées avec celle-ci.

3. — DIMENSIONS DU NOYAU

En général, on a le tort de n'accorder qu'une faible attention aux dimensions du noyau ; tout au plus indique-t-on çà et là son volume absolu, sans examiner son volume relatif, c'est-à-dire comparé à celui de la cellule dont il fait partie.

Or, en procédant de la sorte, on s'expose à des appréciations inexactes et l'on néglige une source de féconds enseignements. Ceux-ci acquièrent une importance

réellement considérable quand on peut mettre en œuvre les innombrables documents fournis par l'histologie zoologique ; les faits ne tarderont pas à l'établir amplement.

I. Volume absolu. — Considéré dans son volume absolu, abstraction faite du protoplasma ambiant, le noyau des cellules animales peut atteindre des dimensions qui sembleront fort imprévues aux personnes

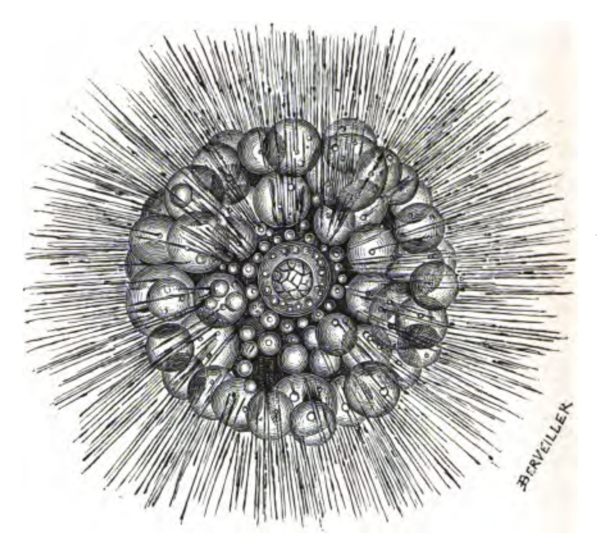


Fig. 70. — Thalassicole pélagique.

dont les observations se trouvent exclusivement limitées à l'espèce humaine et aux animaux domestiques.

Pour le zoologiste, en effet, il n'est pas très rare de rencontrer des noyaux mesurant 500 μ et se montrant ainsi visibles à l'œil nu.

Ils ne se trouvent pas seulement chez certains Protozoaires tels que les Thalassicolles (fig. 70), etc., cités par Hertwig ; ils peuvent également s'observer dans divers éléments des Arthropodes (cellules des tubes de Malpighi (fig. 71), des organes sexuels larvaires, des glandes séricigènes, etc.). Chez ces animaux, il est au moins assez fréquent de voir des noyaux ayant 200 μ ou 300 μ de diamètre.



Fig. 71. — *Gryllotalpa vulgaris* : cellule marginale d'un tube de Malpighi : *c*, corps cellulaire ; *m.n*, membrane nucléaire ; *c.n*, corps ou protoplasma nucléaire ; *f.n*, formation nucléinienne en forme de ruban reliant entre eux les deux masses nucléiniennes *n* et *n*. (Joannes Chatin.)

En opposition à ces noyaux géants, on peut en mentionner qui sont au contraire très réduits ; le nombre en est grand. Je me contente d'indiquer les cellules du rein des *Helix* comme offrant fréquemment un noyau de 3 μ.

Ailleurs, comme dans le tégument ou dans l'épithélium intestinal de certains Vers, on trouve des noyaux presque immesurables et dont on a peine à constater la présence.

Contrairement à des idées longtemps admises, on ne doit admettre aucune relation entre le degré de supériorité organique des êtres et le volume de leurs

noyaux. De même, il n'y a aucun rapport proportionnel à établir entre ce volume et celui des cellules. On voit des éléments de taille très minime posséder un gros noyau, parfois assez volumineux pour effacer en apparence le corps cellulaire lui-même. Il en est résulté de graves erreurs ; toute une théorie, celle des « noyaux libres », a été ainsi édifiée et défendue avec plus de passion que de succès. Elle a tenu une large place dans la science et nous allons avoir à en dire quelques mots en examinant le noyau dans son volume relatif, c'est-à-dire comparé à celui de la cellule dans laquelle on l'observe.

II. Volume relatif. — Ainsi considérée, l'étude du noyau offre un intérêt des plus vifs et se prête à d'instructives déductions. On peut surtout l'apprécier lorsqu'on se place au point de vue de l'histologie comparée. Rarement ses fécondes ressources s'affirment plus nettement, apportant des faits si nombreux qu'on doit se borner à en citer quelques-uns.

L'exemple le plus célèbre, longtemps même classique, des prétendus « noyaux libres, » est celui du *myélocyte*.

Créé par Charles Robin, qui l'appliqua d'abord à des éléments de nature fort différente (cellules conjonctives, etc.), ce terme fut ultérieurement réservé par lui à des éléments nerveux dont l'importance eût été considérable.

Ainsi que l'indiquait le nom de myélocyte (μυελος,

moëlle; κυτος, noyau ou granule), cette forme histique fut d'abord signalée dans la moëlle épinière, puis dans le cerveau et dans la rétine. Partout on la présentait comme un « noyau libre », conception d'autant plus bizarre, qu'à cette époque on ne possédait que des connaissances rudimentaires sur le noyau et qu'on ne pouvait même soupçonner sa haute valeur. Comment dès lors supposer qu'il pût vivre d'une existence indépendante, en dehors de tout protoplasma somatique? Cependant la lumière fut longue à se faire sur la véritable nature du myélocyte, et l'on peut dire que seule l'histologie zoologique a pu définitivement fixer la science à ce sujet.

En multipliant les observations, en les étendant aux divers types de la série animale, on constate que jamais le myélocyte n'est formé par un noyau libre, qu'il possède toujours, en outre de son noyau volumineux, un corps protoplasmique souvent réduit à une mince zône périphérique, mais constant. On ne saurait donc y voir un élément spécial, autonome; c'est une simple variété de la cellule nerveuse, variété caractérisée par le grand développement du noyau.

Or, le fait n'est pas rare; on le rencontre fréquemment chez les types les plus différents.

Dans l'embranchement des Vers, on l'observe, soit chez les Géphyriens, ou les Hirudinées (fig. 72), soit chez les Arénicoliens (fig. 73, 74), les Sabelliens (fig. 75), les Térébelliens, etc. Partout le myélocyte se montre comme une vraie cellule nerveuse, unipo-

laire ou bipolaire, mais toujours caractérisée par un énorme noyau (N), qui semble masquer ou effacer le corps cellulaire (*c*).

Chez les Arthropodes, la forme myélocyte s'observe

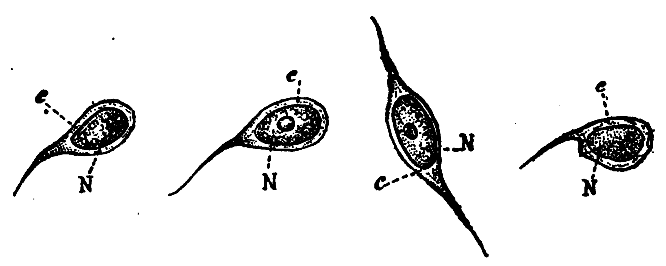


Fig. 72. — Sangsue médicinale. Myélocyte unipolaire : *c*, corps ou protoplasma cellulaire réduit à une mince zône périphérique ; N, noyau volumineux et granuleux. (Joannes Chatin.)

Fig. 73. — Arénicole des Pêcheurs. Myélocyte unipolaire ; c, corps cellulaire : N, noyau. (Joannes Chatin).

Fig. 74. — Arénicole des Pècheurs. Myélocyte bipolaire : *c*, corps cellnlaire ; N, noyau (Joannes Chatin).

Fig. 75. — Sabelle vésiculeuse. Myélocyte unipolaire : *c*, corps cellulaire ; N, noyau. (Joannes Chatin.)

avec une égale fréquence et des caractères identiques (Insectes, Crustacés, etc.).

Enfin, chez les Mollusques, on trouve des cellules nerveuses répondant au même type histique : noyau volumineux et granuleux, corps cellulaire très réduit, prolongements variables. Le prétendu myélocyte peut être ainsi unipolaire, bipolaire ou même multipolaire (fig. 76), dernière forme qui achève d'affirmer nettement ses véritables affinités et sa réelle valeur.

On voit combien l'étude de ces cellules à gros noyau est intéressante, puisqu'il suffit de se reporter à leur notion pour interpréter exactement certains éléments dont la signification avait été entièrement méconnue (1).

Citons encore quelques autres exemples dans lesquels l'énorme développement du noyau a pu faire douter de l'existence du corps cellulaire.

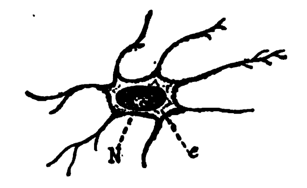


Fig. 76. — Cyclostome élégant. Myélocyte multipolaire : *c*, corps ; N, noyau. (Joannes CHATIN.)

Les cellules cartilagineuses des Vertébrés sont d'abord presque uniquement formées d'un noyau qui semble d'autant plus énorme que la partie protoplasmique de la cellule est encore très réduite et ne s'accroît que secondairement.

Dans les cellules sensorielles olfactives, ou bâtonnets olfactifs, on observe, surtout chez les Batraciens, un noyau rond et volumineux, entouré d'une zône protoplasmique si mince qu'elle est presque imperceptible, sauf aux deux pôles, où le protoplasma s'accumule pour former un prolongement central et un prolongement périphérique de longueur variable.

Les éléments sensoriels des Invertébrés se prêtent souvent à de pareilles constatations; c'est ainsi que cer-

(1) Joannes Chatin, *Sur les myélocytes des Invertébrés* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1888).

taines cellules excitables de l'antenne des Insectes offrent un noyau si développé qu'il réduit presque à rien le corps cellulaire.

Des dispositions analogues s'observent sur les cellules tactiles des divers Gastéropodes ; de même, la prééminence du noyau s'affirme nettement dans les cellules lymphatiques ou leucocytes des Crustacés (fig. 78), Echinodermes, etc.

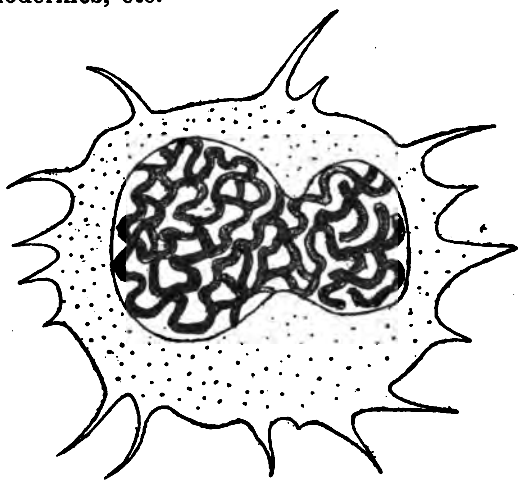


Fig. 77. — Leucocyte d'un Pagure avec un gros noyau bilobé dans lequel la formation nucléinienne se montre comme un ruban pelotonné. (Joannes Chatin.)

Elle est aussi manifeste chez des êtres plus inférieurs. L'Hydre d'eau douce, si célèbre par les belles expériences de Trembley, est à cet égard d'une étude particulièrement instructive.

On sait que chez ce Polype les testicules et les

ovaires offrent plusieurs différences extérieures, faciles à apprécier. C'est dans la région supérieure du corps, au-dessous de la couronne tentaculaire, que se localisent les testicules; les ovaires se trouvent au contraire disposés sur la région moyenne ou inférieure. La forme aussi est dissemblable : trigone ou aplatie pour le testicule, elle est sphéroïdale pour l'ovaire.

Ces différences se reflètent dans les premiers phénomènes histogénétiques qui se manifestent lors de la constitution des organes sexuels. Tandis que les éléments primordiaux du testicule sont représentés par de petites cellules irrégulières, souvent amiboïdes, à noyau normal, on constate une tout autre formation sur le point où s'ébauche le futur ovaire. Des éléments y apparaissent, qui semblent se résumer en un énorme noyau clair et parfois vacuolaire.

On croirait volontiers avoir sous les yeux un noyau isolé et l'on s'explique l'erreur de certains naturalistes qui, se bornant à un examen sommaire, avaient cru pouvoir décrire ici des « noyaux libres ». Or, dès qu'on multiplie les observations, en s'aidant d'une technique appropriée, on reconnaît autour de chaque noyau une mince couche de protoplasma formant le corps même de l'élément qui s'affirme dès lors comme une vraie cellule (1).

Il serait facile d'étendre le nombre des faits que l'histologie zoologique permet d'opposer à l'ancienne

(1) Joannes Chatin, *Sur les cellules initiales de l'ovaire chez les Hydres d'eau douce* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1890).

conception des noyaux libres, mettant hors de doute la fréquence des cellules à gros noyaux. Mais les exemples précédents suffisent et c'est à peine s'il est nécessaire d'en rapprocher le suivant qui est fourni par l'embryologie, cette science-sœur de l'histologie.

Lorsqu'on suit l'évolution de l'œuf des Poissons, on constate que la multiplication cellulaire, s'effectuant dans le parablaste, s'accomplit suivant deux modes qui seront plus tard décrits sous les noms de division directe et de division indirecte ; or les éléments ainsi produits diffèrent notablement.

La division indirecte donne naissance à des éléments normaux, formés d'une partie somatique très appréciable, ce sont les *cellules parablastiques ;* au contraire, de la division directe, naissent des *globules parablastiques*, ainsi nommés parce qu'ils semblent manquer de corps cellulaire. En réalité celui-ci existe et l'intervention de son protoplasma contractile est même indispensable pour assurer les migrations du globule. M. Henneguy l'a péremptoirement établi et l'on pourrait très aisément emprunter encore, soit à l'embryologie, soit à l'histogénèse, nombre de faits analogues.

En résumé, les cellules à noyau volumineux sont fréquentes ; leur notion est d'autant plus intéressante qu'elle achève de graver dans notre mémoire la haute valeur du noyau s'affirmant ainsi morphologiquement et semblant envahir toute la cellule, sans jamais la faire disparaître.

Au point de vue de la critique scientifique, la théorie

des prétendus noyaux libres ne laisse pas de porter avec elle ses enseignements. Elle nous montre vers quelles erreurs on est entraîné lorsqu'on a l'imprudence de généraliser d'après quelques faits incomplètement étudiés, surtout lorsqu'on veut dogmatiquement légiférer sur des sujets qui appartiennent à l'observation et ne doivent relever que d'elle seule.

4. — COLORATION DU NOYAU

Il est rare que le noyau des cellules animales offre normalement une coloration qui lui soit propre.

L'histologie comparée permet pourtant d'en citer quelques exemples. L'un des plus faciles à observer est fourni par les glandes anales des Insectes, spécialement des Coléoptères. Leurs cellules peuvent présenter des noyaux teintés en jaune, en brun ou en rose.

A tout prendre, le fait est exceptionnel ; on doit minutieusement répéter et multiplier les observations avant de conclure à l'existence de noyaux colorés.

Bien des particularités pourraient, à cet égard, induire en erreur : dans le tégument des Insectes on a souvent décrit des « cellules à plusieurs noyaux colorés ». La Vanesse Paon-de-Jour avait été particulièrement signalée comme possédant de tels éléments. Or, il a suffi d'en reprendre l'étude avec une technique rigoureuse pour montrer que les faits devaient être tout autrement interprétés.

Dans les figures 78 et 79, on voit deux éléments tégumentaires dont le rôle est très différent : l'un (fig. 78) est purement protecteur : irrégulièrement prismatique, il possède un seul noyau *n* ; mais, au premier abord, on croirait voir trois noyaux dont deux colorés en brun-

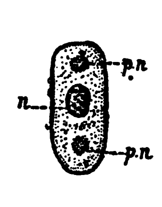


Fig. 78. — Vanesse Paon-de-Jour, une cellule épidermique protectrice ou de soutien : *n*, noyau ; *p.n*, amas pigmentaires figurant des pseudo-noyaux. (Joannes CHATIN).

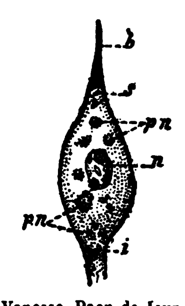


Fig. 79. — Vanesse Paon-de-Jour, une cellule sensorielle de l'épiderme ou hypoderme : *n*, noyau : *p.n*, amas pigmentaires ; *i*, prolongement inférieur entrant en relation avec un filet nerveux destiné à transmettre l'excitation recueillie par l'extrémité supérieure (*s.b*) de l'élément. (Joannes CHATIN.)

rougeâtre; ces deux pseudonoyaux sont, en réalité, de simples amas de granules pigmentaires *(p. n.)*.

L'autre élément (fig. 79) est sensoriel : son extrémité supérieure *s* se termine par une pointe *b*, destinée à recueillir l'excitation qui sera transmise au filet nerveux avec lequel l'extrémité inférieure *i* de l'élément se met en rapport. De même que pour la cellule précédente, on croirait voir ici plusieurs noyaux, tandis qu'il n'existe qu'un noyau *n* avec des amas pigmentaires *p. n.* qui semblent représenter autant de noyaux colorés.

5. — CONSTITUTION CHIMIQUE DU NOYAU

Dans le chapitre consacré au protoplasma, on a vu que celui-ci offrait l'ensemble des réactions propres aux substances albuminoïdes. Il en est de même du noyau, chez lequel elles ne font que s'accentuer avec plus de netteté, semblant déjà y déceler un protoplasma à vie intense.

Aussi a-t-on vainement cherché à préciser les différences de composition qui peuvent exister entre le corps de la cellule et son noyau ; on n'est arrivé sous ce point de vue qu'à des notions extrêmement vagues, même en variant les moyens d'investigations.

Tantôt on appliquait la méthode microchimique, soumettant sous le microscope une cellule aux divers réactifs dont on notait l'effet comparé sur le noyau et le corps cellulaire. Tantôt on suivait une autre voie : le noyau résistant à certains agents, comme le suc gastrique, qui dissolvent au contraire le protoplasma, on étudiait les masses nucléaires ainsi isolées.

C'est à peine si l'on parvint de la sorte à relever quelques particularités, spécialement une proportion de phosphore plus grande dans le noyau que dans le corps cellulaire ; néanmoins l'on se basa sur ces données pour admettre une substance spéciale, la *nucléine,* propre au noyau. Mais, immédiatement les auteurs ne purent se mettre d'accord sur la localisation

de cette substance. Les uns la limitaient à la membrane nucléaire et au « nucléole », les autres l'étendaient au noyau tout entier; puis on voulut distinguer une *nucléine soluble* et une *nucléine insoluble* par rapport à divers acides qui variaient avec les observateurs. En même temps, diverses recherches se poursuivaient qui, très précieuses pour l'histoire anatomique du noyau, montraient quelles réserves comportait son étude chimique, toujours subordonnée à des faits de différenciation passablement complexes.

En observant l'action des réactifs colorants dont la technique s'enrichissait chaque jour, on avait constaté que certains d'entre eux, n'exerçant aucune influence sur le protoplasma cellulaire ou ne lui donnant qu'une teinte légère, se fixaient sur le noyau avec une intensité remarquable; tel était surtout le cas pour le vert de méthyle, le violet de Paris, l'hématoxyline, le bleu d'aniline, etc.

Le noyau était donc *chromatique* par rapport au corps cellulaire qui était *achromatique*. On s'empressa de substituer le nom de *chromatine* à celui de nucléine et d'identifier les deux termes. Mais, en s'étendant, les recherches révélèrent des faits qu'on ne soupçonnait pas.

On dut reconnaître que le réactif colorant ne se fixait pas également sur tous les points du noyau; il y avait dans la masse nucléaire, des régions chromatiques et des régions achromatiques. Que devenait dès lors l'unité de la nucléine et de la chromatine primitives ? Évidemment il existe ici plusieurs substances

chimiques intimement associées et dont on n'a pu encore saisir que quelques caractères objectifs, quelques vagues réactions superficielles.

Les réserves formulées plus haut à l'endroit de la plastine et des autres principes admis dans le protoplasma cellulaire doivent être maintenues à l'égard des corps qui entrent dans la formation du noyau.

Si nous ne pouvons lui assigner une composition chimique définie, nous pouvons du moins, grâce aux réactifs colorants, recueillir d'importantes notions sur sa texture générale. Elles vont nous être fort utiles pour exposer dans ses grandes lignes la constitution de l'appareil nucléaire.

6. — STRUCTURE DU NOYAU

On ne songe plus à regarder le noyau comme « une « tache claire et homogène », ainsi qu'on le décrivait encore en 1865. Chacun sait aujourd'hui qu'il possède une structure réelle, susceptible d'atteindre un certain degré de complexité qu'on ne doit cependant pas exagérer.

Pour arriver promptement à la bien comprendre, le mieux est de considérer le noyau comme une petite cellule incluse dans la cellule proprement dite (fig. 80).

Or, que peut-on trouver dans celle-ci? 1° un corps protoplasmique; 2° un noyau; 3° une membrane d'en-

veloppe. De même, le noyau (fig. 81) présente un corps protoplasmique (*c*) et souvent une membrane (*m n*). Quant au « noyau du noyau », il est figuré par une formation *(f n)* dont l'aspect est très variable.

Il est rare qu'elle se montre ovoïde ou sphéroïdale;

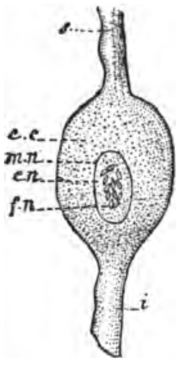


Fig. 80. — Cellule auditive du Triton palmé : *c.c*, corps cellulaire ; *s*, prolongement supérieur destiné à recevoir l'excitation et dont on n'a représenté ici que la partie basilaire ; *i*, prolongement inférieur en rapport avec les fibrilles du nerf acoustique. — Au centre de l'élément se voit le noyau qui représente comme une seconde cellule dans la grande, possédant une membrane limitante (la membrane nucléaire *m.n*), un corps protoplasmique (le corps nucléaire *c.n*) et un noyau (la formation nucléinienne *f.n.*) (Joannes Chatin.)

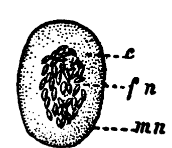


Fig. 81. — Triton palmé : noyau isolé d'une cellule auditive : *m.n*, membrane nucléaire ; *c*, corps nucléaire ; *f.n*, formation nucléinienne. (Joannes Chatin.)

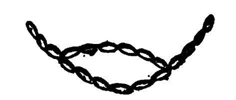


Fig. 82. — Triton palmé : fragment très grossi de la formation nucléinienne. (Joannes Chatin.)

le plus souvent c'est un cordon, un boyau ou un réseau filamenteux (fig. 82), parfois fragmenté en tronçons plus ou moins nombreux. On ne doit donc pas chercher à appliquer ici des dénominations fondées sur une configuration qui n'offre aucune constance ; aussi

le terme de formation nucléinienne semble-t-il préférable à ceux de réseau nucléinien, filament nucléinien, etc., dont on use généralement et qui n'expriment que des états particuliers ou même transitoires.

La structure générale du noyau étant ainsi tracée, voyons quelles dispositions essentielles caractériseront chacune des parties qu'elle vient de nous faire connaître.

7. — CORPS OU PROTOPLASMA NUCLÉAIRE

Le corps ne fait jamais défaut, quel que soit le noyau que l'on considère; il peut être fort réduit dans les noyaux de petite taille, mais une observation attentive l'y fait toujours découvrir.

Il se montre formé d'un hyaloplasma filamenteux et d'un paraplasma plus ou moins granuleux.

Insister sur ces parties serait répéter les détails déjà exposés à propos du protoplasma cellulaire. On peut donc se borner à de brèves indications.

L'hyaloplasma présente dans le corps nucléaire, comme dans le corps cellulaire, des trabécules dessinant un réseau à mailles plus ou moins rapprochées (1).

(1) Cette considération eût dû suffire à faire abandonner les termes de *réseau*, *reticulum*, *corps filamenteux*, etc., si souvent appliqués à la formation nucléinienne. On établit ainsi, entre cette dernière et le corps nucléaire, une confusion qui a causé de regrettables erreurs de description et d'interprétation.

En raison des faibles dimensions auxquelles est presque toujours réduit le noyau, on ne peut que rarement constater cette disposition, si ce n'est toutefois sur différents œufs dont la formation nucléinienne est limitée à une « tache de Wagner ». Le corps nucléaire, conservant alors un volume notable, montre aisément ses filaments hyaloplasmiques.

Quant au paraplasma nucléaire, il est presque toujours granuleux. Ses granulations sont de deux sortes.

Les unes semblent être des réserves appelées à disparaître tôt ou tard ; de fait, elles ne se rencontrent généralement plus au moment où le noyau va se diviser.

Les autres sont plus volumineuses, se colorent avec intensité (au moins dans la plupart des cas) et représentent certaines des formations décrites sous le nom de « nucléoles ». Aussi pourrait-on leur donner le nom de *nucléoles plasmatiques,* afin de les distinguer d'autres nucléoles qui appartiennent non plus au corps nucléaire, mais à la formation nucléinienne. Il sera bientôt question de ce second ordre de nucléoles (nucléoles nucléiniens).

Les granulations paraplasmiques peuvent s'observer chez les Protozoaires aussi bien que dans les cellules agrégées en tissus des Métozoaires.

Comme sujets d'étude, on doit choisir les Invertébrés et surtout leurs jeunes tissus, leurs organes à l'état larvaire, etc. C'est là qu'on peut bien étudier le protoplasma nucléaire. Toutefois, d'autres types peuvent être utilement examinés ; les cellules nerveuses

des Gastéropodes m'ont fréquemment fourni des observations très complètes ; plus anciennement, il y a une dizaine d'années, avec une technique encore assez imparfaite, j'avais pu recueillir des faits intéressants en étudiant l'épithélium auditif des Salamandres.

Quel que soit l'animal ou le tissu sur lequel porte l'examen, toujours on reconnaîtra que ce protoplasma constitue réellement le corps du noyau, comme le protoplasma cellulaire représente le corps de la cellule.

La membrane nucléaire n'en est qu'une simple émanation et la formation nucléinienne s'y rattache étroitement, comme on pourra bientôt le constater.

8. — MEMBRANE NUCLÉAIRE

L'examen de la formation nucléinienne demandant à être poursuivie avec une attention particulière, il est préférable de traiter immédiatement de la membrane nucléaire. Quelques mots suffiront du reste à la faire connaître.

Frappés de la netteté de contour qui distingue en général le noyau au milieu du protoplasma cellulaire, plusieurs histologistes ont admis l'existence d'une membrane nucléaire. Kolliker et Carnoy inclinent à la regarder comme constante ; Pfitzner en nie l'existence.

La vérité est intermédiaire entre ces opinions extrêmes : le noyau possède souvent une membrane

d'enveloppe ; souvent aussi il en est dépourvu. Mais, dans ce dernier cas, il offre à sa périphérie une couche pariétale différenciée par sa réfringence et son pouvoir chromatique. Le fait est facile à constater sur les cellules nerveuses de divers Invertébrés (fig. 83), traitées par le brun Bismarck.

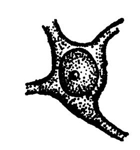


Fig. 83. — Testacelle : cellule nerveuse ; son noyau volumineux est limité non par une membrane véritable, mais par une couche protoplasmique différenciée. (J. Chatin).

D'une façon générale, des échanges osmotiques peuvent s'effectuer entre le contenu du noyau et celui de la cellule, sans qu'il soit nécessaire de suivre quelques auteurs dans l'interminable discussion ouverte pour savoir si la membrane nucléaire peut offrir des pores (Fromann, Klein, Hauser), ou en être dépourvue (Flemming, Strasburger, etc.)

En résumé, la notion de la membrane nucléaire doit être prise avec la même valeur que celle de la membrane cellulaire. Elles n'ont ni indépendance, ni valeur propre ; on ne doit y voir que de simples émanations du protoplasma, dont elles affirment, une fois de plus, la puissance formatrice.

9. — FORMATION NUCLÉINIENNE

On sait quelle est la signification de ce terme : il désigne en quelque sorte le noyau du noyau, c'est-à-

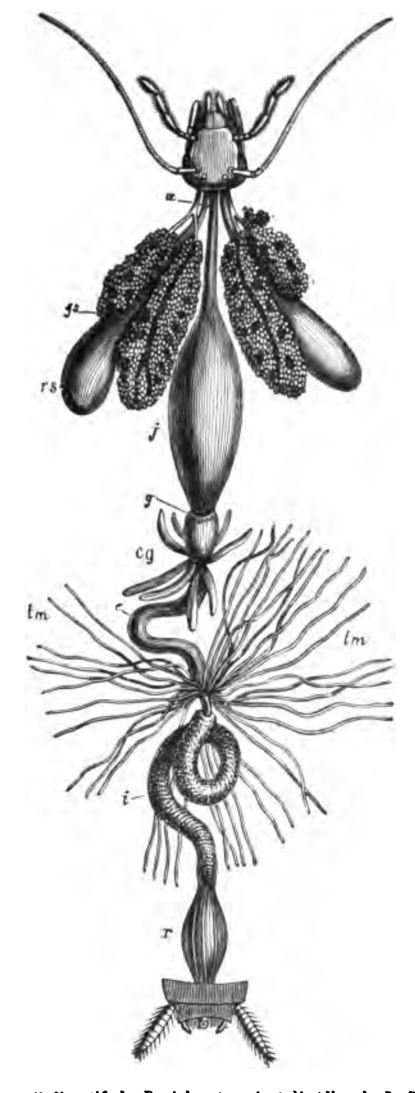


Fig. 84. — Appareil digestif du *Periplaneta orientalis* (d'après L. Dufour) : *æ*, œsophage ; *g.s*, glandes salivaires ; *r.s*, réservoirs salivaires ; *j*, jabot ; *g*, gésier ; *c.g*, cæcums gastriques ; *e*, estomac ; *i*, intestin ; *t.m*. tubes de Malpighi ; *r*, rectum.

dire un produit de différenciation histique acquérant, au sein de la masse nucléaire, une valeur spéciale.

Quant à insister sur sa différenciation chimique, ce serait aborder un ordre plus délicat de considérations, car nous ne possédons sur ce sujet que des notions assez vagues.

Dire que cette formation se trouve constituée par de la chromatine ou de la nucléine, est uniquement se payer de mots et masquer notre ignorance. Il en est de la nucléine comme de la plastine, sa signification varie suivant les auteurs, et l'on n'a pu arriver encore à en donner une définition rigoureuse.

Quant au mot de chromatine, son acception ne serait guère plus précise : sans doute, la formation nucléinienne possède un pouvoir électif particulier à l'égard des réactifs colorants, mais il faut ajouter que cette faculté chromatique est très inégalement répartie dans sa masse.

Pour le démontrer, il suffit de rappeler ce qui s'observe dans les cellules marginales des tubes de Malpighi.

On sait que, sous ce nom, l'on désigne des tubes annexés en nombre variable à l'intestin des Myriapodes et des Insectes (fig. 84, *t. m.*). Sur leur face interne, ces tubes sont revêtus de grandes cellules dont le noyau est fort intéressant.

Ce noyau est généralement très grand, limité par une membrane presque toujours facile à distinguer (fig. 85, *m. n*) ; le corps nucléaire (*c. n*) est des plus développés et

renferme une formation nucléinienne (*f. n*) sur laquelle nous reviendrons bientôt au point de vue descriptif, mais dont les propriétés chromatiques sont assez singulières : lorsqu'on fait agir les réactifs colorants, on constate que, chez beaucoup d'espèces, la fixation se fait localement et non totalement sur la formation nucléinienne, qui apparaît ainsi formée par une alternance de disques colorés et de disques incolores ou à peine teintés (fig. 86 et fig. 87). Le fait est facile à constater sur nombre d'Hyménoptères, de Coléoptères, d'Iulides, etc.

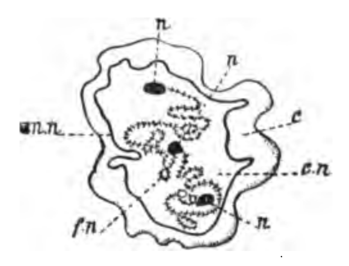


Fig. 85. — *Gryllotalpa vulgaris*. Cellule marginale d'un tube de Malpighi : *c*, corps cellulaire ; *m.n*, membrane nucléaire ; *c.n*, corps nucléaire ; *f.n*, formation nucléinienne figurant un ruban échinulé avec trois masses arrondies *n*. (Joannes CHATIN.)

Faudrait-il, pour l'expliquer, admettre une différenciation histique répondant à cette alternance de chromatisme et d'achromatisme ? Ce qui permettrait peut-être de l'admettre, c'est que divers Protozoaires fournissent des observations analogues aux précédentes.



Fig. 86. Fig. 87.
Fragments de formations nucléiniennes d'Insectes montrant l'alternance des parties chrômatiques et achrômatiques.
(J. CHATIN.)

La matière chromatique s'y montre localisée de différentes manières : parfois elle

est disposée au centre du cordon qui constitue la formation nucléinienne, l'achromatine occupant alors la partie externe de ce cordon.

Ailleurs, c'est l'inverse qui se produit : le cordon n'est plus chromatique qu'à sa périphérie, le centre étant achromatique. Une telle répartition est d'autant plus importante à signaler, qu'elle explique peut-être l'existence de la « gaîne chromatique (1) » décrite par quelques auteurs autour de la formation nucléinienne, tandis que d'autres histologistes en contestent l'existence.

Dans les spermatozoïdes de divers Invertébrés, la faculté chromatique ne se manifeste plus que sur des points épars dans la masse totale du noyau ; la chromatine tendrait donc vers une dissémination ou même vers une diffusion complète. On voit dès lors ce que devient ce terme et sous quelles réserves il convient de l'employer.

La même circonspection s'impose pour tout ce qui concerne la morphographie de la formation nucléinienne.

Ici encore on a voulu conclure trop rapidement et l'on s'est hâté d'introduire des dénominations très discutables, car elles se rapportent à des états variables, souvent transitoires. Telles sont les expressions de *filament nucléaire ou chromatique, boyau nucléinien, réseau nucléinien* que l'on a appliquées à la formation nucléinienne.

(1) Ou *étui nucléinien*.

En réalité, celle-ci ne se présente souvent ni en filament ou ruban, ni en réseau, par exemple dans beaucoup de jeunes ovules, où elle est figurée par une masse sphéroïdale.

Mais, lors même qu'elle revêt l'aspect réticulé ou filamenteux, elle peut offrir de nombreuses variations ou se transformer même complètement.

Dans les cellules des tubes de Malpighi citées plus haut, le ruban nucléaire peut varier dans de larges limites, comme on le constate en comparant les trois figures 71, 85 et 88.

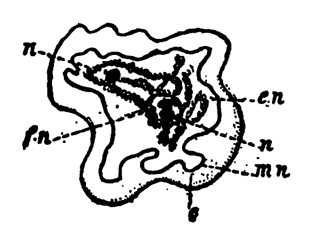


Fig. 88. — *Gryllotalpa vulgaris*. Cellule marginale d'un tube de Malpighi : *c*, corps cellulaire ; *m.n*, membrane nucléaire ; *c.n*, corps nucléaire ; *f.n*, formation nucléinienne représentant ici un ruban moniliforme reliant les deux masses nucléiniennes *n*, *n*. (Joannes CHATIN).

Souvent on voit la forme filamenteuse et la forme réticulée se succéder dans le même noyau, soit qu'il doive entrer en karyokinèse, soit qu'il subisse simplement le contre-coup des phénomènes qui s'accomplissent au sein du tissu dont il fait partie. On en a la preuve en suivant l'évolution du tégument des Insectes, etc.

Dans d'autres cas, la formation nucléinienne cesse d'être condensée ou agglomérée en une sphère, en un filament ou en un réseau. Elle se montre alors représentée par des fragments épars : divers éléments tégumentaires ou sensoriels des Insectes (fig. 89) ; les cel-

lules de l'épithélium auditif chez les Batraciens (fig. 90), offrent nettement cette disposition.

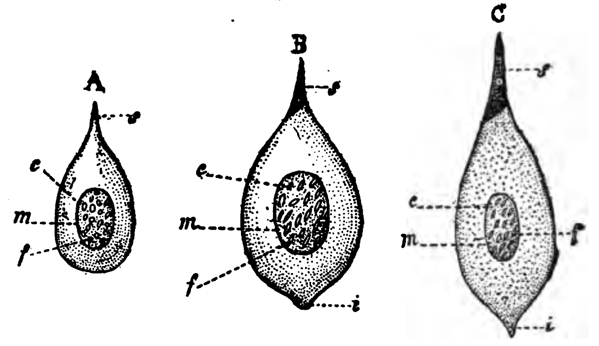


Fig. 89. — Vanesse Paon-de-Jour. Une cellule sensorielle de l'antenne, observée à trois périodes (A, B, C) de son développement : *s*, prolongement supérieur ou excitable ; *i*, prolongement inférieur destiné à relier l'élément aux fibrilles nerveuses ; *m*, membrane nucléaire ; *c*, corps nucléaire ; *f*, formation nucléinienne figurée par de nombreux corpuscules ovoïdes. (J. CHATIN.)

On ne l'observe pas seulement dans les cellules agrégées de Métazoaires ; les Protozoaires peuvent également

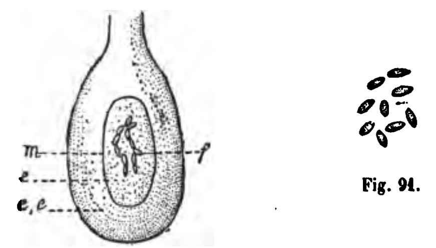


Fig. 91.

Fig. 90. — Triton à crête. Portion inférieure d'une cellule auditive : *c.c*, corps cellulaire ; *m*, membrane nucléaire ; *c*, corps nucléaire ; *f*, formation nucléinienne constituée par des segments ovoïdes. — A droite (fig. 91) sont représentés, plus grossis, quelques-uns de ces segments. (J. CHATIN.)

ment la présenter, comme l'établissent les observations de M. Balbiani sur le *Loxophillum*.

Si les faits ainsi recueillis ne nous permettent pas encore de décrire intégralement la formation nucléinienne, si nous n'avons pas encore réussi à percer le secret des différenciations complexes dont elle est le siège et des actes biologiques dont elle assure la manifestation, nous pouvons du moins apprécier déjà l'intérêt qui s'attache à son étude.

10. — DU NUCLÉOLE

On s'étonne peut-être de n'avoir que rarement rencontré dans ces pages la mention du nucléole qui, pour la plupart des auteurs, semble inséparable du noyau.

Tous deux apparurent ensemble, sous la plume de Fontana, au XVIIIe siècle; depuis lors, leur histoire progressa avec la même lenteur, mais leur valeur définitive semble devenue fort inégale : tandis que le noyau ne cessait d'acquérir, durant ces dernières années, une importance toujours croissante, la notion du nucléole allait s'atténuant peu à peu, pour s'effacer enfin presque complètement.

Aussi serait-il superflu de soulever ici une question préjudicielle analogue à celle qui se posait au sujet de la présence ou de l'absence du noyau.

Un tel débat serait inutile autant que stérile, car le terme de nucléole a perdu aujourd'hui toute acception

rigoureuse ; il sert actuellement à désigner des formations les plus dissemblables.

On ne le soupçonnerait guère en lisant la plupart des descriptions classiques ; il en est qui semblent dater de Fontana, présentant le nucléole comme « une tache oviforme au milieu du noyau. » Quant à pousser plus loin les investigations, on ne s'y hasarde guère et l'on se borne à noter quelques variations dans le nombre des nucléoles ou formations intra-nucléaires. Encore ne fournit-on que des indications assez peu exactes ; c'est ainsi que parmi les cellules à nucléole unique, on mentionne les cellules nerveuses des Crustacés ; en réalité, leur noyau offre généralement plusieurs de ces corpuscules.

On semble, en outre, ignorer que leur nombre peut varier avec l'âge de la cellule ou avec les circonstances concomitantes ; le fait est pourtant facile à constater chez bien des Mollusques (Naïades, etc.).

Pour ce qui est des valeurs inégales attribuées, dans les cellules pourvues de nucléoles multiples, aux « nucléoles principaux » et aux « nucléoles accessoires », il est d'autant moins nécessaire d'y insister, que les auteurs (Eimer, etc.) qui ont admis ces distinctions, sont précisément ceux qui ont le plus souvent omis de nous dire quelle est, pour eux, la signification du mot nucléole.

Dans leur esprit, il s'applique sans doute à des parties constamment équivalentes, de même nature, de même origine, de même valeur ; mais il n'eût pas été inutile de donner une définition précise.

Si l'on n'avait pas procédé aussi sommairement, si l'on avait accordé à la question une attention moins superficielle, on eût depuis longtemps renoncé à rapprocher sous le même nom des parties entièrement distinctes.

Tantôt, en effet, on décrit comme nucléoles, des amas localement condensés de protoplasma nucléaire, sortes de *nucléoles plasmatiques ou somatiques*.

Tantôt, et plus souvent, les corps décrits comme des nucléoles appartiennent à la formation nucléinienne.

Divers cas peuvent alors se présenter.

Dans le premier de ces états, le *nucléole nucléinien* se montre comme une masse compacte comprenant la formation nucléinienne tout entière. On y pourra distinguer des filaments, on y pourra observer des « mouvements nucléolaires », sur lesquels on a longuement discuté; parfois même la périphérie semblera différenciée par une « membrane nucléolaire ». Le nucléole indiqué dans beaucoup d'œufs sous le nom de tache germinative reconnaît une semblable origine.

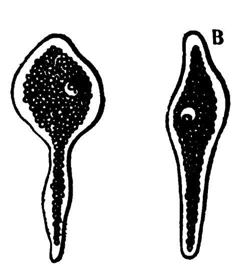


Fig. 92. — Grégarines (*Monocystis*) avec ectosarque clair, endosarque granuleux, noyau et nucléole sphériques. (D'après Stein.)

On doit également l'attribuer au nucléole de la plupart des Radiolaires, de quelques Grégarines (fig. 92), Rhizopodes, etc.

Les œufs des Beroïdes et les cellules testiculaires du *Lithobius forficatus* (Carnoy) semblent offrir des productions analogues.

On voit que, dans ce cas, le nucléole nucléinien répond assez exactement à l'ancienne conception que Valentin se faisait du nucléole : il figure en quelque sorte un second noyau inclus dans le noyau proprement dit ; celui-ci peut alors, mieux que jamais, être comparé à une petite cellule.

Il en va différemment d'autres nucléoles nucléiniens. On ne doit plus, en effet, les assimiler à l'ensemble de la formation nucléinienne, mais seulement à certaines de ses parties : ici, ce seront des parties renflées du filament ou ruban nucléinien qui auront reçu le nom de nucléoles, comme dans les cellules marginales des tubes de Malpighi (voy. fig. 71) ; là, cette valeur aura été attribuée à de simples épaississements du réseau nucléinien ou bien aux segments résultant de la rupture de ses filaments.

S'il fallait montrer de nouveau quelle circonspection s'impose à l'égard de la formation nucléinienne, on trouverait ainsi des faits singulièrement démonstratifs ; mais il est inutile de revenir sur une question déjà suffisamment examinée. Une conclusion se dégage des observations précédentes : aujourd'hui le terme de nucléole a perdu toute valeur précise ; elle devrait être abandonnée. Non seulement nous ne songeons plus à regarder le nucléole, avec certains de nos contempo-

rains, comme l'organe essentiel et le « cœur » de la cellule, mais nous hésitons même à le compter parmi les parties premières du noyau.

11. — ROLE DU NOYAU

Ce sera seulement en étudiant les actes de la vie cellulaire que nous pourrons apprécier la véritable importance du noyau, mais dès à présent nous devons chercher à esquisser son rôle fonctonnel.

I. — Le noyau représente essentiellement dans la cellule l'organe de reproduction.

Claude Bernard avait déjà pressenti sa réelle signification lorsqu'il le décrivait comme « un appareil de « synthèse organique, l'instrument de la production, le « germe de la cellule. »

Les recherches de M. Ranvier sur les leucocytes de l'Axolotl ont, pour la première fois, fixé la science sur ce point et les observations ultérieures n'ont fait que les confirmer.

Partout nous retrouverions cette influence génésique du noyau, soit que nous examinions la multiplication des cellules au sein des tissus du Métazoaire, soit que nous suivions l'évolution de celui-ci.

Qui ne sait aujourd'hui que la fécondation est un phénomène purement nucléaire, se résumant dans la fusion

de deux noyaux ? Qui peut ignorer que la segmentation de l'œuf est un simple fait de partition nucléaire ?

A cet égard, les Protozoaires sont aussi dignes d'attention ; ils le sont même davantage, car nulle part le noyau n'arrive à atteindre une telle précision dans son fonctionnement, une telle étendue dans son aire d'action.

Non seulement c'est toujours à lui qu'il faut remonter quand on cherche à interpréter les divers modes de propagation de ces êtres ; mais on constate que sous ses formes les plus complexes, parfois même très élevées en apparence, leur reproduction se résume en un simple phénomène de division et de rajeunissement karyogamiques.

C'est principalement aux Infusoires que nous faisons ici allusion. Ils représentent le type le plus élevé des Protozoaires. Leur complication organique est souvent telle qu'elle semble contredire la doctrine de l'unicellularité universellement admise aujourd'hui par les naturalistes à l'égard de ces êtres. On a longuement discuté pour savoir si leur reproduction pouvait être comparée à celle des animaux supérieurs.

D'interminables débats se sont ouverts à ce propos et se sont d'autant plus prolongés qu'ils reposaient sur des conceptions erronées et sur des faits inexactement observés.

On partait de cette hypothèse que les Infusoires devaient offrir une sexualité identique à celle des Métazoaires ; de ce qu'on avait vu souvent certains de ces Proto-

zoaires se rapprocher, se conjuguer, on en avait conclu qu'ils devaient avoir des testicules et des spermatozoïdes, des ovaires et des ovules. Qui mieux est, on avait cru trouver les uns et les autres ; des erreurs inouies avaient été commises.

En reprenant attentivement l'étude de la propagation des Infusoires ciliés, on a vu qu'on était réellement en droit de l'identifier à la reproduction digame des Métazoaires ; mais ce n'est pas dans les actes extérieurs ou secondaires, c'est dans les phénomènes essentiels que la comparaison se légitime et s'impose.

Appliquant, dès ce niveau, la plus féconde des lois qui président au perfectionnement des appareils organiques, la nature établit dans le système nucléaire une curieuse division du travail ; elle suffirait à montrer toute l'étendue des rôles qui incombent au noyau pour assurer non seulement la multiplication de la cellule, mais aussi sa vie propre.

Chez l'Infusoire, surtout chez l'Infusoire cilié, l'appareil nucléaire se trouve ainsi dédoublé en un macronucléus et en un micronucléus.

Le premier demeure chargé de présider aux actes d'entretien de la cellule, à ses fonctions végétatives ; il veille à la conservation de l'individu.

Au micronucléus incombent les fonctions reproductives ; il est essentiellement chargé d'assurer la propagation de l'espèce.

En analysant ces faits dans le détail desquels je ne saurais entrer ici, en les rapprochant des actes fonda-

mentaux de la fécondation, on reconnaît que d'un bout à l'autre de la série zoologique, la reproduction n'est qu'un simple phénomène d'évolution nucléaire.

C'est en invoquant cette notion, non en dénaturant certains détails secondaires et durant longtemps fort incomplètement observés, qu'on est en droit d'identifier la reproduction de l'Arthopode ou du Vertébré à celle de l'Infusoire.

L'étude de celui-ci se montre, sous ce point de vue, hautement instructive : l'essence même de la fécondation s'en dégage dans toute sa netteté, dépouillée de toute complication accessoire.

Sa véritable nature s'affirme clairement : c'est une karyogamie, l'union de deux noyaux.

Son mécanisme est des plus simples : il s'exprime par la fusion ou la copulation de ces deux noyaux d'origine distincte.

Son but n'est autre chose qu'un rajeunissement nucléaire ; quant à ses effets, ils s'expriment par la constitution d'un nouvel appareil nucléaire qui agira comme une sorte de ferment sur l'organisme pour lui restituer toutes les énergies vitales caractéristiques de l'espèce.

Sans doute, les observations d'embryologie comparée poursuivies pendant ces dernières années avaient permis de pressentir le rôle des noyaux mâle et femelle dans l'acte de la fécondation ; mais c'est surtout l'étude attentive des Protozoaires, des êtres unicellulaires, qui a permis de l'apprécier exactement, d'en dé-

duire toutes les conséquences et d'en montrer la portée philosophique.

Qu'il s'agisse du Mammifère ou de l'humble Paramécie, l'acte même de la fécondation sera constamment identique : ce sera sous la forme d'un noyau que chacun des parents interviendra, transmettant ses facultés et ses propriétés au rejeton qui naîtra de cette karyogamie.

II. — Il devient dès lors inutile d'insister sur la valeur considérable du noyau et nous pourrions clore dès maintenant son étude, si nous ne devions encore l'examiner sous un dernier point de vue.

Le noyau peut-il réclamer une certaine part dans les phénomènes nécessaires pour assurer non plus la reproduction de la cellule, mais simplement son entretien et sa nutrition ?

A cet égard, les opinions ont beaucoup varié : tandis que Strasburger regardait le noyau comme également indispensable pour l'accomplissement de toutes les fonctions cellulaires, multiplication et nutrition, d'autres auteurs considéraient celle-ci comme en étant entièrement indépendante.

Cependant il semble difficile de conclure d'une façon aussi absolue ; l'observation montre que la période de jeunesse et d'activité plastique de la cellule s'exprime toujours par la présence d'un noyau bien développé ; l'expérimentation fournit des preuves qui ne sont pas moins démonstratives et dont l'analyse est des plus intéressantes.

Si l'on sectionne un Infusoire, de manière à lui soustraire une portion de son organisme prise en dehors du noyau et n'en offrant aucune trace, on constate que ce fragment ne régénère pas les parties qu'il a perdues ; il ne régularise pas sa forme, ne cicatrise même pas sa plaie ; mieux que cela, son protoplasma ne tarde pas à se désorganiser, comme s'il ne pouvait vivre dès qu'il se trouve soustrait à l'influence du noyau.

De nombreux et habiles biologistes : Gruber, Nussbann, Balbiani, Klebs, etc., ont institué et répété de semblables expériences : les résultats ont été identiques, montrant sous un nouveau jour l'influence du noyau ; ils achèvent même, soit dit en passant, de rendre fort douteuse l'existence de cellules sans noyau.

III. — Le noyau s'affirme donc nettement comme un facteur nécessaire de la vitalité du protoplasma. Ceci pourrait conduire à rechercher leur valeur respective, problème assez délicat.

Rappelons d'abord que le noyau représente un produit de différenciation du protoplasma ; ce n'est qu'un protoplasma à vie intense et dès lors la question perd singulièrement de son importance. D'autre part, dans les expériences citées plus haut, on a constaté qu'en l'absence du noyau, le protoplasma cellulaire pouvait encore ressentir les impressions ambiantes et y répondre par des réactions motrices. On ne saurait donc le regarder comme inerte, puisqu'on voit les fonctions de relation s'y maintenir au moins durant un certain temps.

Si l'on ajoute que les recherches récentes obligent à abandonner l'ancienne conception des « noyaux libres, » on reconnaît que le noyau doit toujours vivre dans une atmosphère protoplasmique.

L'erreur de certains histologistes a été de chercher l'antagonisme qui, suivant eux, devait exister entre le protoplasma et le noyau ; c'est au contraire une réelle fraternité qui s'affirme constamment dans leur origine, comme dans leurs rapports et leurs fonctions.

Parties intégrantes de la cellule, ils concourent à entretenir sa vie et à assurer son développement : le noyau est le centre d'impulsion du protoplasma et celui-ci représente le milieu nécessaire au fonctionnement du noyau. Ils s'unissent donc intimement sans jamais lutter l'un contre l'autre.

CHAPITRE IV

DE LA MEMBRANE CELLULAIRE ET DES PRODUITS DE LA CELLULE

---

1. — MEMBRANE CELLULAIRE

Essentiellement constituée par son protoplasma et son noyau, la cellule animale peut être complétée par une membrane d'enveloppe ou cuticule.

Au sujet de celle-ci, on retrouve entre les observateurs les mêmes divergences qui s'élevaient à propos du corps et du noyau. Elles sont même encore plus prononcées ici, reflétant en quelque sorte les nombreuses variations qu'a subies l'histoire de la membrane cellulaire.

I. — Au début des études micrographiques, on ne supposait pas qu'il pût exister des éléments dépourvus de membrane pariétale.

Le terme même de cellule impliquait nécessairement un semblable mode de constitution (fig. 93), et, comme nous l'avons constaté précédemment, un des plus graves inconvénients résultant de l'emploi de cette expression fut précisément de faire admettre la généralité d'existence d'une paroi protectrice à laquelle on accordait une véritable prééminence sur les autres parties de la cellule.

II. — Les mémorables découvertes de Félix Dujardin ayant établi qu'on devait placer ailleurs le centre de l'activité cellulaire, on ne tarda pas à passer d'un

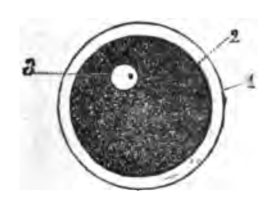


Fig. 93. — Cellule (ovule) avec membrane (1), corps (2) et noyau (3).

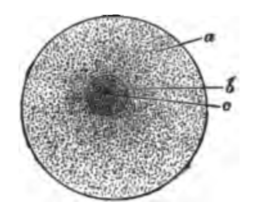


Fig. 94. — Cellule (ovule) sans membrane, forme cellulaire dite nue : *a*, corps cellulaire ; *bc*, noyau.

extrême à l'autre : Brucke et Max Schultze furent les plus ardents promoteurs de la doctrine qui refusait toute paroi propre aux cellules animales, les considérant comme devant être toujours et fatalement nues (fig. 94).

III. — Ici encore la vérité est intermédiaire : il existe des cellules animales réellement pourvues d'une paroi

propre (fig. 95); il en est beaucoup d'autres qui en sont privées.

Jamais, d'ailleurs, même lorsqu'elle sera nettement différenciée, la membrane cellulaire n'acquerra la valeur qu'elle possède pour l'histologie végétale.

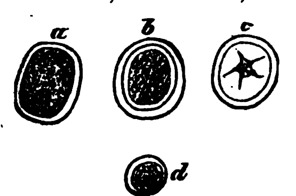


Fig. 95. — Quatre cellules *a, b, c, d,* pourvues d'une membrane d'enveloppe.

Non seulement celle-ci l'observe avec une constance presque absolue, mais elle lui reconnaît une différenciation chimique toute spéciale, se traduisant par la présence de la cellulose.

Ce n'est pas que le corps de la cellule animale soit inapte à engendrer des produits analogues. L'identité même qui se révèle dans les propriétés du protoplasma, étudié dans l'universalité des êtres vivants, suffirait à faire repousser une pareille hypothèse et, de fait, nous trouvons parfois chez les animaux des formations cuticulaires qui semblent voisines de la cellulose.

Toutefois de semblables particularités sont exceptionnelles, souvent douteuses. On doit décrire la membrane cellulaire comme possédant essentiellement chez les animaux une composition azotée et quaternaire. Sa coloration au contact de l'iode, de l'azotate acide de mercure, de l'acide chrômique, etc., le prouve péremptoirement.

IV. — Ces caractères permettent déjà de pressentir la

réelle nature de la paroi des cellules animales. Elle ne se rattache plus seulement au protoplasma par des liens originels; elle affirme nettement leur intime parenté par une remarquable identité de composition. Aussi peut-on ramener toujours cette membrane à une portion plus ou moins condensée du protoplasma cellulaire.

Le premier indice d'une telle formation s'exprime par le rapprochement des trabécules périphériques du protoplasma, phénomène précédemment signalé dans le chapitre consacré à l'étude du corps cellulaire.

Puis, à un degré plus marqué de différenciation, on voit cette région ainsi modifiée acquérir une épaisseur notable; nous savons quelle valeur et quel nom lui appliquer : elle représente ce que nous avons décrit sous le nom d'*ectosarque*.

Il n'est pas rare d'y constater quelques particularités locales d'induration ou d'incrustation, mais elles ne s'affirmeront réellement que si l'élément doit posséder une vraie membrane cellulaire.

V. — Ainsi que nous l'avons vu, celle-ci est relativement rare chez les animaux, surtout chez les espèces supérieures, trop exclusivement étudiées par la plupart des observateurs.

C'est encore ici que l'histologie zoologique intervient utilement. Grâce à la multiplicité et à la variété de ses sujets d'étude, elle permet aisément d'élucider nombre de points controversés.

Sans doute, il ne suffit pas que la cellule abandonne l'état amiboïde et revête une forme définie, pour qu'on soit en droit de lui reconnaître une membrane vraiment différenciée ; cependant chez beaucoup d'Invertébrés celle-ci s'ébauche incontestablement dès que l'élément tend à se limiter par un contour déterminé.

Bientôt elle peut s'affirmer comme une paroi propre, s'opposant à l'irruption des liquides extérieurs et résistant à divers agents. Parfois on constate que ceux-ci dissolvent ou digèrent promptement le protoplasma, respectant la membrane ou ne l'attaquant que lentement.

Les Arthropodes doivent être encore cités comme d'excellents sujets d'observation : non seulement les grandes dimensions, souvent atteintes par leurs cellules, se prêtent particulièrement à de semblables recherches ; mais, comme on ne tardera pas à s'en convaincre, les formations cuticulaires y peuvent présenter des développements spéciaux.

Toutefois, avant de les examiner et de rechercher quelle interprétation doit leur être appliquée, il est nécessaire d'insister sur les modifications imprimées aux couches périphériques du protoplasma ; en effet, on ne soupçonne généralement pas les divers degrés de différenciation qui se succèdent pour amener la formation d'une membrane cellulaire.

Lorsqu'il ne se produit qu'une légère condensation plasmatique, les attributs originels de l'hyaloplasma se

maintiennent assez intacts pour se prêter à tous les échanges osmotiques; ils les aident même par la contractilité caractéristique de cette portion du protoplasma.

De telles dispositions sont indispensables pour assurer la vie personnelle de la cellule, aussi bien que pour lui permettre de remplir le rôle qui lui est assigné dans l'organisme dont elle fait partie.

Ses fonctions sont encore possibles quand il y a production d'un ectosarque, car ce dernier représente une partie vivante du protoplasma; mais des conditions défavorables se trouvent réalisées dès que l'ectosarque s'indure ou s'incruste. A la vérité, le fait ne s'observe guère que sur des cellules séniles ou ne devant plus jouer qu'un rôle mécanique.

S'il en est autrement, si la cellule, tout en demeurant vivante et active, doit recevoir une vraie membrane d'enveloppe, et si celle-ci doit s'incruster de diverses substances (chondrine, chitine, kératine, etc.), des dispositifs spéciaux veilleront au maintien de ses relations. Lorsque les formations cuticulaires atteignent un pareil degré de puissance, elles semblent n'avoir plus aucun lien commun avec l'humble couche de plasma qui suffit, dans la plupart des cas, à limiter la cellule animale. Elles ne cessent pourtant pas d'en être l'émanation directe; on va immédiatement en avoir la preuve.

Chacun connaît l'épaisse carapace de chitine qui recouvre le corps des Insectes, etc., constituant à ces Arti-

culés une cuirasse protectrice. Quelle est son origine et comment se forme-t-elle?

Pendant longtemps on l'a regardée comme due à une simple secrétion des cellules épidermiques qui eussent laissé exsuder une substance fluide passant rapidement à l'état solide et se disposant en lames, en stries, etc.

La plupart des traités de zoologie admettent encore cette théorie qui est inacceptable.

La couche chitineuse représente une production cuticulaire dont on peut aisément suivre l'évolution, surtout chez les larves (Névroptères, etc.). Son étude s'y montre même doublement instructive : elle ne fixe pas seulement la science sur un sujet longtemps discuté, effaçant ainsi de regrettables erreurs ; elle permet encore de comprendre facilement le mode de formation de la membrane cellulaire. Le processus se manifestant ici avec une intensité exceptionnelle, la démonstration se trouve amplifiée dans des proportions qui en augmentent singulièrement l'évidence.

Les cellules tégumentaires de l'Insecte constituent une couche qui a reçu les noms d'*hypoderme*, d'*épiderme*, de *couche chitinogène*, de *matrice de la cuticule*, etc. Elles ne sont pas toujours faciles à distinguer, se fusionnant souvent, comme on pourra bientôt se l'expliquer. Examinées jeunes (fig. 96), elles se montrent sous l'aspect d'éléments volumineux avec un gros noyau limité par une membrane brillante et contenant un filament nucléinien généralement reticulé.

Le protoplasma comprend un paraplasma faiblement

granuleux et un hyaloplasma sur lequel l'attention doit se concentrer.

Cet hyaloplasma est formé de trabécules d'abord radiaires (fig. 96), puis se disposant, vers la périphérie, en lignes sinueuses et presque parallèles ; ces trabécules se rapprochent, se confondent et s'indurent à mesure que,

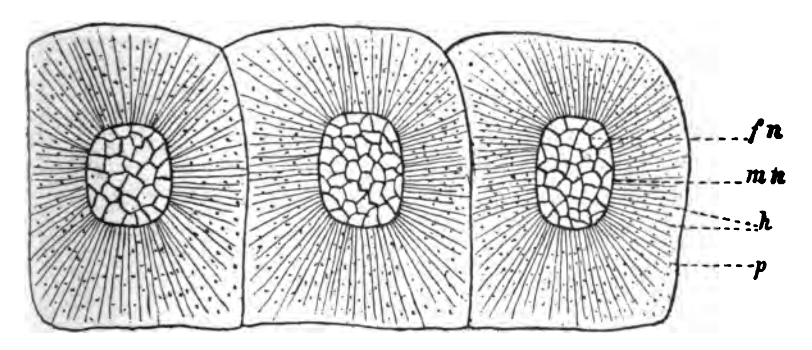


Fig. 96. — Trois jeunes cellules épidermiques d'une larve de Libellule représentées au début de leur évolution, lorsqu'elles n'ont encore produit aucune formation cuticulaire : *h*, hyaloplasma et *p*, paraplasma du corps cellulaire ; *mn*, membrane nucléaire ; *fn*, formation nucléinienne disposée en réseau. (Joannes Chatin.)

par la croissance du corps cellulaire, elles s'éloignent du noyau. Peu à peu se forme une zône extérieure indurée, chargée de chitine ; puis une seconde lui succède, et le revêtement cuticulaire s'épaissit rapidement (fig. 97).

En même temps, les cellules se fusionnent sur léur partie différenciée, leurs frontières s'effacent et toute trace de texture cellulaire peut ainsi disparaître de l'épiderme.

On s'explique dès lors les interminables débats qui se sont ouverts pour savoir si cette couche était, ou non, formée de cellules ; on découvre en même temps la véritable origine du revêtement chitineux : loin de se réduire à un simple produit de secrétion, il représente en réalité une partie du corps même de la cellule;

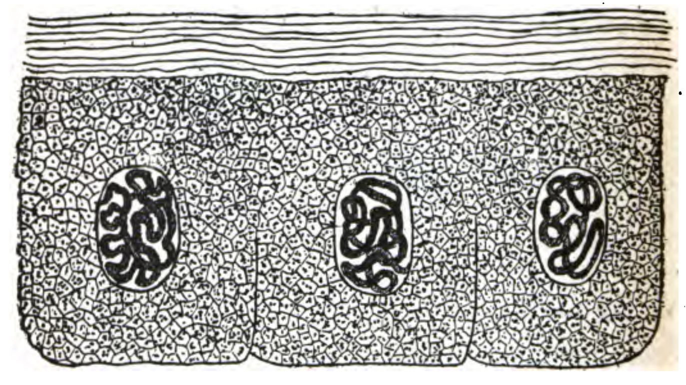


Fig. 97. — Les cellules précédentes observées à un stade plus avancé de leur évolution : elles tendent à se confondre inférieurement, tandis que sur leur face supérieure, des lamelles stratifiées se sont formées par rapprochement et induration des trabécules hyaloplasmiques, première ébauche de la couche cuticulaire chitinifiée. On remarquera les changements présentés par la formation nucléinienne qui se montre maintenant en ruban pelotonné, non plus en réseau. (Joannes Chatin.)

c'est le protoplasma lui-même qui s'est ainsi différencié et dont on peut retrouver la texture trabéculaire dans cette couche chitineuse, dont chaque strie répond à une ligne de trabécules ; quant à son développement, il s'opère nettement par voie centrifuge, contrairement à certaines assertions.

Sur quelques préparations, on voit les lignes de trabécules persister longtemps après l'incrustation. Ailleurs, lorsque les cellules conservent leur indépendance, on constate encore plus facilement le mode de formation des couches cuticulaires : elles viennent dessiner au-dessus de la cellule des sortes de coiffes concentriques qui peuvent l'entourer plus ou moins complètement, selon que la différenciation plasmatique se sera étendue sur une région plus ou moins grande de l'élément; souvent elle se limite à sa face supérieure, permettant de rapprocher des faits précédents une disposition qui caractérise les cellules dites « à plateau » (fig. 98), cellules très répandues chez les Métazoaires, surtout dans les épithéliums de revêtement.

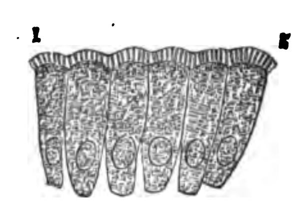


Fig. 98. — Cellules épithéliales portant un plateau strié de petits canalicules verticaux.

En suivant l'évolution de ces éléments, on constate que c'est encore sur la face libre de la cellule que se localise la condensation du protoplasma. Il peut même y devenir le siège d'une véritable induration ; mais celle-ci ne se complique généralement pas d'une incrustation chitineuse ou cornée.

Au contraire, on voit assez fréquemment l'induration du plateau respecter certains points qui figurent ainsi des pores ou canalicules mettant le corps cellulaire en rapport avec l'intérieur et pouvant donner issue aux produits de la cellule, etc.

L'élément histique doit effectivement rester toujours en communication avec les cellules voisines et avec le milieu intérieur qui leur est commun. C'est pourquoi la paroi, qu'elle soit totale ou limitée à un plateau apicilaire, se creuse souvent de pores ou de canaux destinés à assurer ces relations. Il peut même en résulter des dessins et des marques extérieures dans lesquelles se reflète l'origine trabéculaire de la cuticule.

D'autre part si cette dernière se développe sur toute la périphérie de l'élément, elle constituera un puissant moyen d'union avec les cellules contiguës et soumises à la même évolution.

Tantôt leurs parois se souderont ou se rapprocheront simplement, tantôt les saillies et les dessins extérieurs s'articuleront par une sorte de suture dentée, établissant ainsi d'intimes connexions. Il convient toutefois de se garder de toute généralisation hâtive ; chaque observation doit être attentivement contrôlée, car il existe un grand nombre de variations que nous connaissons encore très imparfaitement. Ici les cellules rapprochent seulement leurs membranes ; là elles les soudent étroitement ; ailleurs les parois demeurent distinctes, mais l'espace qui les sépare se trouve traversé par des « ponts intercellulaires » émanant de ces parois et dont l'interprétation a suscité, dans ces dernières années, d'intéressants travaux.

On voit que l'étude de la membrane cellulaire ne laisse pas d'être fort instructive ; elle est loin d'être aussi restreinte qu'on l'imagine volontiers à la lecture des auteurs qui la représentent comme faisant défaut

chez les animaux, tandis qu'en réalité les formations cuticulaires y acquièrent souvent une réelle importance, pouvant même y atteindre un haut degré de complexité.

Celle-ci n'apparaît pas seulement chez les Protozoaires, où elle se révèle par de nombreuses productions secondaires. On peut également l'observer chez divers Métazoaires.

L'étude des glandes unicellulaires des Invertébrés est à cet égard très digne d'attention.

Ce n'est pas un des moindres sujets d'étonnement pour l'histologiste qui aborde l'étude de ces animaux, de constater quel haut degré de perfection certaines glandes peuvent y atteindre.

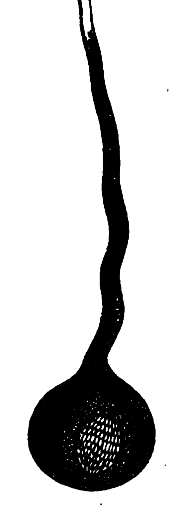


Fig. 99. — *Piscicola* : glande unicellulaire.

Déjà, chez diverses Annélides (fig. 99), on les voit acquérir une structure telle qu'on a peine à croire que l'organe se résume en une seule cellule ; mais c'est surtout chez les Insectes, comme les *Blaps*, que cette tendance s'accentue au point de dépasser toute prévision.

Quand on examine les glandes odorantes de ces Coléoptères, on croit tout d'abord avoir sous les yeux un appareil composé de plusieurs organes distincts, car on y découvre : 1° une portion basilaire et renflée, essentiellement secrétante ; 2° un canal vecteur destiné à

assurer l'expulsion du produit sécrété ; 3° une gaîne pro tectrice de ce canal.

Mais, quand on analyse attentivement cet ensemble, on reconnaît qu'il se résume en une seule cellule : la partie secrétante est formée par le corps cellulaire dans lequel se voit un noyau (1) ; quant au canal, il représente une simple formation cuticulaire tubuliforme et sa gaîne est de même origine.

La conclusion est facile à tirer : le protoplasma, substance essentiellement active et vivante, peut revêtir des aspects innombrables. C'est ainsi que de la mince couche hyaloplasmique, à peine différenciée au pourtour de la plupart des cellules animales, on arrive aux formations les plus dissemblables et les plus complexes en apparence. Il suffit de se reporter à la constitution fondamentale du protoplasma et d'invoquer la notion de sa charpente trabéculaire pour interpréter exactement ces diverses productions cuticulaires.

2. — PRODUITS DE LA CELLULE

Les produits cellulaires ne sauraient être ni décrits, ni énumérés ici : l'activité même du protoplasma, qui domine l'ensemble de tous ces faits, suffit à faire appré-

(1) Le noyau est surtout facile à distinguer quand le produit de secrétion n'est pas encore accumulé en trop grande quantité.

cier dans quelles limites peuvent se multiplier les produits indéfiniment variés qui prennent naissance dans la cellule animale.

On a cru longtemps que celle-ci était inapte à produire des principes immédiats et qu'elle devait les recevoir tout formés par les plantes. C'était une des formes classiques de l'antagonisme fonctionnel qu'on élevait entre les deux règnes.

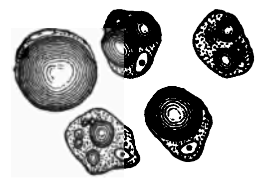
Le végétal eût été exclusivement un appareil de formation, l'animal un appareil de destruction, incapable d'élaborer et de constituer l'albumine, la fibrine, la graisse, etc., qui entrent dans la composition de ses tissus. La graisse du cheval et du mouton eût été initialement contenue dans sa ration de foin, le beurre du lait de la vache dans l'herbe qu'elle broute. Lors des discussions qui eurent lieu de 1843 à 1847 devant l'Académie des Sciences, plusieurs chimistes ne reculèrent pas devant de semblables assertions (1).

Elles s'affirmaient surtout à l'égard des substances ternaires : graisse, amidon, sucre ; jamais les animaux n'eussent pu produire de telles substances.

Pour les corps gras, la thèse est depuis longtemps jugée et toute discussion a été close à la suite des remarquables expériences de Berthelot et de Claude Bernard. De même, pour les substances amylacées et sucrées, on a pu établir, avec la plus éclatante évidence,

(1) Voyez Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie, communs aux animaux et aux végétaux,* 1879, t. II, p. 26.

comment elles se forment dans les deux règnes organiques.



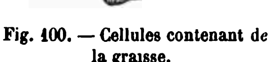


Fig. 100. — Cellules contenant de la graisse.



Fig. 101. — Cellules glycogéniques de l'annios du veau.

Ces faits montrent combien il serait imprudent de vouloir dresser la liste des produits cellulaires. Ils sont indéfinis et nous ne les connaissons certes pas tous : dans telle cellule se forme de la graisse (fig. 100) ; dans telle autre du glycogène (fig. 101) ; puis des ferments, des pigments (fig. 102), des cristaux, etc.

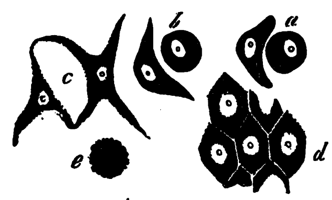


Fig. 102. — Épithélium pigmentaire. (Rindfleisch).

De ces substances, les unes seront immédiatement employées pour l'entretien et le développement de la cellule ; les autres seront mises en réserve durant un temps variable pour être alors utilisées par l'élément lui-même ou versées dans le milieu intérieur de la fédération dont il fait partie.

Nous ne pourrions entreprendre leur étude sans sortir de notre sujet pour pénétrer dans le domaine de la

chimie biologique ; nous devons toutefois regretter de ne pouvoir entreprendre de telles incursions, qui seraient souvent intéressantes, même sous le point de vue spécial de l'histologie zoologique. Nous verrions ainsi la graisse s'amasser dans certains tissus non seulement suivant l'âge de leurs cellules, mais suivant les conditions de l'alimentation (fig. 103), suivant le degré de civilisation ou de domestication du type considéré ; ailleurs, nous constaterions la formation de l'acide urique dans les cellules du corps dit adipeux chez les larves d'Insectes et dans les cellules des organes bojaniens chez les Acéphales et les Gastéropodes ; nous pourrions observer des particularités de nature à jeter quelque lumière sur le fonctionnement des organes excréteurs dans les rangs supérieurs de la Série, etc.



Fig. 103. — Cellules du foie chez un chien soumis à une alimentation abondante : A et B, cellules hépatiques de deux séries d'expériences ; 1, état au début de l'expérience ; 2, état au bout de trois jours ; 3, état au bout de huit jours. (Frerichs).

Mais, par l'étendue même que ces questions ne tarderaient pas à acquérir, on comprend qu'elles ne puissent trouver place ici.

Il est, au contraire, impossible de clore l'histoire de la cellule animale sans retracer le tableau de la vie cel-

lulaire, que nous devons maintenant esquisser dans ses lignes principales.

En ouvrant ce nouveau chapitre, nous ne comblerons pas seulement une lacune qui ne saurait subsister dans notre exposé ; nous nous conformerons aux règles élémentaires de la méthode scientifique, résumant synthétiquement les faits qui viennent d'être étudiés par voie analytique.

Nous avons successivement décomposé la cellule en chacune de ses parties constituantes ; il nous faut maintenant rapprocher ces parties et montrer comment elles vont s'associer, s'harmoniser pour entretenir la vie de la cellule.

CHAPITRE V

DE LA VIE CELLULAIRE

Le cadre de ce livre ne saurait permettre d'y donner à l'étude de la vie cellulaire toute la place qu'elle serait en droit de réclamer et qu'elle occuperait si légitimement.

Nous devons donc nous borner à un aperçu général, considérant surtout l'élément histique proprement dit, la cellule fédérée en tissu avec d'autres éléments analogues, pour former l'organisme d'un Métazoaire. Si nous prenions comme unique sujet d'étude la cellule libre, le Protozoaire, notre tâche serait réellement trop facile : elle se résumerait en un chapitre de physiologie zoologique.

Voyons donc comment s'écoulera la vie de notre élément histique, et d'abord comment naîtra-t-il ?

1. — NAISSANCE DE LA CELLULE

Cette question de la genèse cellulaire a préoccupé les observateurs dès le début des études micrographiques et a été très diversement interprétée.

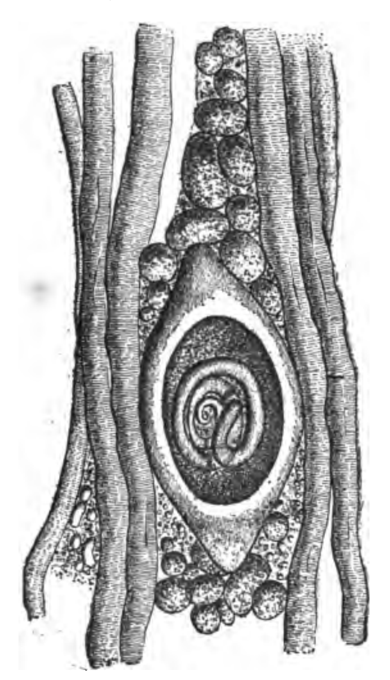


Fig. 104. — Trichine enkystée. (J. CHATIN.)

Certains auteurs n'ont pas manqué de la présenter sous le jour le plus favorable à la défense de leurs doctrines ; ils ont donc admis la genèse spontanée des cellules. D'ailleurs comment eussent-ils pu hésiter à appliquer aux humbles éléments histiques un mode de génération qu'ils assignaient à des animaux d'une organisation relativement complexe, comme les Trichines (fig. 104), etc.

Aussi leurs assertions étaient-elles des plus formelles et des plus absolues, qu'elles s'appliquassent à des êtres unicellulaires ou à des cellules agrégées. C'était par génération spontanée que devait naître l'Infusoire ; telle était aussi l'origine de l'ovule du Mammifère. Or, aujourd'hui nous ne songeons pas plus à nier la reproduction parfaitement naturelle des Helminthes que celle des Protozoaires (fig. 105). Quant à l'ovogénèse, elle nous est intégralement connue, dans ses moindres détails, et nous savons que l'hétérogénie ne saurait aucunement en revendiquer la plus légère part.



Fig. 105. — Reproduction par conjugaison d'un Infusoire (*Balantidium coli*).
D'après Wisang.

Une autre doctrine doit être rapprochée de la précédente, celle du Blastème : il eût suffi d'un liquide approprié, ou *Blastème*, offrant une constitution analogue à celle des liquides de l'économie, pour que des cellules pussent y apparaître spontanément. Cette théorie n'a réuni que peu d'adeptes ; cependant elle comptait naguère encore quelques défenseurs. Devenus timides, et pour cause, ils tentèrent de la faire accepter sous le nom bizarre de genèse équivoque ; ce terme en

disait long; aussi fut-il bientôt abandonné. On admet aujourd'hui que toute cellule émane d'une cellule : *omnis cellula è cellulâ.*

Ainsi formulée, la loi serait même trop large; nous ne tarderons pas à reconnaître qu'elle doit être modifiée et précisée, afin d'éviter tout malentendu.

En effet, on voit naître des cellules là où ne semble se révéler aucune texture cellulaire proprement dite. On croirait donc se trouver en présence de faits qui sembleraient mettre la loi en défaut et justifier les vues des hétérogénistes et des blastémiens.

Observons ce qui se passe dans divers tissus, par exemple dans l'épiderme des Nématodes, dans la muqueuse intestinale d'un Myriapode, dans le cœcum glandulaire de la Testacelle (fig. 107), etc. : sur une étendue plus ou moins grande du tissu examiné dans sa partie jeune ou profonde, nous ne distinguerons pas de cellules et cependant nous verrons, çà et là, des cellules y naître et s'y constituer. Leur genèse est-elle spontanée? Se forment-elles librement au sein d'un liquide anhiste? En aucune manière; pour nous en convaincre, il suffit d'étudier attentivement le lieu où ces cellules viennent d'apparaître, nous ne tarderons pas à découvrir le secret de leur naissance.

Ainsi que nous venons de le rappeler, on n'y pouvait découvrir aucun élément histique, on ne pouvait y délimiter aucun champ cellulaire. Cependant, certains points s'y colorent fortement lorsque nous faisons agir le vert de méthyle ou tel autre réactif analogue; exami-

nons-les sous un objectif puissant et nous y reconnaîtrons des noyaux (fig. 106. A).

Ces noyaux ne sont pas aussi libres qu'on serait

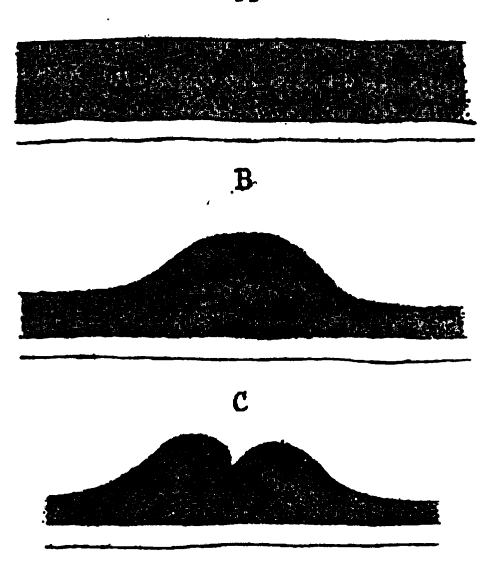


Fig. 106. — Formation des jeunes cellules chez la Testacelle:
A. — Couche protoplasmique semée de noyaux.
B. — L'un de ces noyaux en partition ; le protoplasma ambiant s'est condensé, formant une saillie ou mamelon.
C. — Les deux jeunes noyaux résultant de la division du noyau-mère se sont séparés ; en même temps. le mamelon protoplasmique se partage en deux moitiés qui viendront former autour de chaque noyau un corps cellulaire. (Joannes Chatin.)

d'abord tenté de le supposer ; ils sont en réalité associés à la masse ambiante dans laquelle ils semblent plongés

et qui est essentiellement protoplasmique. Une telle formation n'offre rien de nouveau pour nous, encore moins pourrait-elle être considérée comme mystérieuse. Nous savons déjà qu'il existe de semblables couches anhistes en apparence, mais en réalité protoplasmiques et semées de noyaux. Les chapitres précédents en offraient maints exemples.

Ayant ainsi déterminé la véritable nature de la gangue où nous avons vu naître les jeunes cellules, reprenons l'étude de celles-ci.

Nous constaterons qu'elles apparaissent toujours autour d'un noyau ou d'un fragment nucléaire résultant de la partition d'un noyau. La loi énoncée plus haut doit donc être ainsi modifiée : toute cellule naît d'une cellule ou d'un noyau. Mais comment se constitue la jeune cellule !

En suivant l'évolution de la couche plasmatique et nucléée, nous assistons, sur des points plus ou moins rapprochés, à la bipartition d'un noyau (fig. 106, B).

Autour du noyau ainsi divisé, le protoplasma se condense, dessinant alors une saillie à la surface générale de la couche ; puis les deux jeunes noyaux se séparent, respectivement (fig. 106, C) entourés d'une aire protoplasmique répondant à la moitié de l'espèce de bourgeon dont l'existence a été si courte.

Deux cellules se trouvent dès lors formées ; elles ne tarderont pas à croître et à acquérir leurs caractères distinctifs. Leur noyau pourra se scinder et de cette

partition nucléaire naîtront de nouvelles cellules ; ces faits de multiplication seront étudiés ultérieurement.

Nous avons considéré un cas spécial, la genèse cellulaire s'effectuant au sein d'une masse anhiste en apparence ; mais le plus souvent elle s'accomplit dans un tissu franchement cellulaire, pouvant ainsi être étudiée beaucoup plus facilement que dans les circonstances qui viennent d'être exposées.

Néanmoins il était utile de choisir cet exemple pour montrer que même là où l'on ne peut reconnaître une structure vraiment cellulaire, là où les circonstances semblent les plus favorables à l'hypothèse de l'hétérogénie ou à la doctrine du blastème, on arrive toujours à constater que la naissance de la cellule n'offre rien de spontané. Elle se trouve intimement liée à l'existence d'un noyau agissant comme un centre d'attraction vis-à-vis du protoplasma ambiant et groupant celui-ci autour de ses segments pour constituer autant de cellules complètes et vivantes.

2. — FONCTIONS VITALES

La cellule ayant pris naissance, voyons comment elle va vivre, comment vont s'accomplir chez elle les diverses fonctions vitales.

Lorsqu'on cherche à énumérer ou au moins à distinguer entre eux les principaux attributs de la vie, on

reconnaît qu'ils ne sont pas aussi nombreux qu'on pourrait d'abord le supposer. En effet, même chez les êtres les plus élevés en organisation, ils se résument en cinq fonctions principales :

1° Nutrition.
2° Accroissement,
3° Reproduction.
4° Motricité.
5° Sensibilité.

Représentant un être vivant, toute cellule doit donc offrir ces cinq propriétés.

Leur recherche est surtout facile à poursuivre chez les cellules isolées, chez les animaux unicellulaires qui, abandonnés librement dans le milieu ambiant, doivent y soutenir, avec les seules forces de l'activité cellulaire, la lutte incessante qui résume leur vie comme celle de tout autre organisme.

Les cellules agrégées pour former un Métazoaire se prêtent moins aisément à une telle analyse. On devine pourquoi : en raison même du rôle principal que doit remplir chaque élément ou chaque groupe d'éléments, les qualités originelles de la cellule se sont effacées plus ou moins, laissant prédominer l'attribut qui doit spécialement caractériser l'élément considéré et lui permettre de fonctionner selon le rôle qui lui est dévolu dans l'association. Telle est la conséquence fatale de la loi de division du travail.

Il est donc rare de voir les diverses fonctions s'exercer également dans la cellule tissulaire, mais on peut en-

core y retrouver, à des degrés variables, leurs manifestations caractéristiques.

Nutrition de la cellule. — Pour le plus humble élément, comme pour l'organisme le plus compliqué, la nutrition comprend un certain nombre d'actes : la cellule doit d'abord puiser dans le milieu ambiant, ses aliments ou ingesta ; puis elle les élabore et les absorbe ; enfin elle doit expulser les excreta résultant de cette nutrition.

La pénétration des ingesta s'effectuera de différentes manières. Si la cellule est nue ou amiboïde, si elle peut se déplacer ou tout au moins exécuter des mouvements de totalité, elle usera de sa contractilité pour s'incorporer directement les aliments en les saisissant comme le Protée de Dujardin.

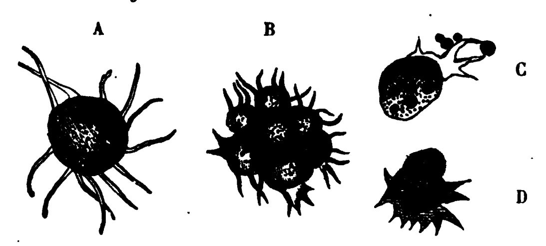


Fig. 107. — Leucocytes du Lombric (A, B, D) et Amibe (C). (Balbiani.)

On peut ainsi répéter avec les cellules nues, empruntées à l'organisme de tel Métazoaire, des expériences analogues à celles qui sont journellement instituées avec les Amibes ; ces cellules saisissent de même

les corps étrangers avec leurs pseudopodes pour les faire pénétrer dans leur masse. Sur la figure 107 sont représentés un Amibe (C) et des leucocytes du Lombric (A, B, D) ; on voit que l'Amibe et un leucocyte (D) ont saisi et absorbé des corpuscules colorés. On comprend aisément comment la nutrition de semblables éléments se trouve assurée.

Mais à tout prendre, ce cas sera relativement rare chez les organismes supérieurs :

La cellule s'y trouvera presque toujours enfouie profondément dans la masse du tissu ; parfois elle possédera une cuticule étendue sur toute sa périphérie ou revêtant au moins sa face libre. Alors d'autres forces, comme l'imbibition et l'osmose, interviendront pour assurer l'accès et l'absorption des ingesta.

La présence même d'une cuticule n'entravera généralement pas leur action, car nous avons vu que la cuticule vivante est perméable ; si elle perd cette propriété par induration, imprégnation ou incrustation, des dispositifs organiques spéciaux ouvriront certaines voies locales à la pénétration des aliments, sinon la cellule ne saurait tarder à succomber.

Voilà les aliments introduits : à l'hyaloplasma a été dévolu le soin d'assurer ces préliminaires de la digestion. Essentiellement contractile, disposant presque exclusivement des forces physiques de la cellule, il était tout désigné pour remplir un tel rôle.

Maintenant va commencer la digestion proprement

dite, digestion essentiellement chimique et qui ne peut s'accomplir sans l'intervention du paraplasma. La division du travail apparaît clairement ainsi dans cet organisme en miniature.

Son paraplasma devient le siège de sécrétions variées. Si l'aliment a été ingéré fortement hydraté, on constate l'apparition d'un acide destiné à neutraliser l'alcalinité de l'eau ingérée ; cette secrétion est absolument générale chez les Protozoaires vivant dans l'eau (1).

Puis ce sont de vrais ferments digestifs: des diastases, une sorte de pepsine, etc. On voit le paraplasma modifier progressivement l'amidon, digérer les matières zoogléaires, décolorer la phycocyanine, désagréger des membranes cellulaires, etc.

Peu à peu les ingesta présentent dans leur aspect, dans leur réfrangibilité, etc., des changements qui les rapprochent de plus en plus du protoplasma ambiant. Ils se confondent enfin avec lui ; la digestion est opérée.

Quel sera le sort des aliments ainsi absorbés par la cellule ?

Celle-ci les utilisera soit pour son propre entretien. soit pour remplir le rôle qui lui est assigné au sein de l'économie. Dans ce dernier cas, les produits dûs à l'activité de la cellule pourront y être mis en réserve afin de ne passer qu'ultérieurement dans le milieu intérieur, ou pourront au contraire y être versés de suite.

(1) Le Dantec. *Recherches sur la digestion intracellulaire chez les Protozoaires.* (*Thèses de la Faculté des Sciences de Paris, 1891.*)

Parfois la cellule accompagne son produit et, se désorganisant, disparaît avec lui, entraînée par le même courant. Si cette désagrégation s'étend simultanément à un certain nombre d'éléments, il en résulte un véritable fonte cellulaire.

Tel est le mécanisme qui préside à plusieurs sécrétions : les glandes mammaires des Mammifères, les glandes salivaires de divers Gastéropodes permettent de l'étudier aisément.

La *respiration* n'est qu'un acte de la nutrition. La cellule respire donc et, pour l'établir nettement, il suffit de choisir des éléments à motricité très manifeste, qu'elle soit générale (leucocytes, etc.) ou locale (cellules ciliées).

On peut alors facilement constater combien l'oxygène est indispensable à la cellule. En suivant, par exemple, des leucocytes observés dans une goutte de lymphe, on les voit ramper jusqu'aux bords de la petite masse liquide afin d'y trouver plus sûrement et plus abondamment ce *pabulum vitæ*.

Si les échanges respiratoires sont d'une observation plus délicate dans les autres éléments tissulaires, ils ne s'y accomplissent pas moins régulièrement. La respiration est une fonction commune à tous les tissus de l'organisme ; le milieu intérieur doit leur porter l'oxygène avec leurs ingesta, de même qu'il doit les débarrasser de l'acide carbonique qu'il entraîne avec les déchets ou excreta des cellules.

Accroissement. — Tant que les entrées l'emporteront

sur les sorties, tant que la quantité des ingesta sera supérieure à celle des excreta, la cellule pourra croître et cette croissance portera soit sur le protoplasma, soit sur le noyau.

Souvent celui-ci grandira le premier, puis demeurera stationnaire, tandis que le corps de la cellule s'accroîtra lentement; ainsi s'explique l'observation, si fréquente, de jeunes cellules à gros noyaux.

Mais, en général, la croissance porte essentiellement sur le protoplasma qui se montre sans cesse susceptible d'accroître sa masse. Le fait est surtout facile à constater sur les cellules « nues », privées de membrane limitante et dont l'expansion ne rencontre dès lors nul obstacle.

Les leucocytes en fournissent un excellent exemple. Leur accroissement atteint parfois des proportions surprenantes, provoquant même l'apparition de phénomènes remarquables qui ont été signalés pour la première fois par M. Ranvier (1).

On sait que le sort des leucocytes est très variable : s'ils sortent du sang, ils peuvent être entraînés au dehors avec les produits de sécrétion, rentrer dans l'appareil circulatoire par les voies compliquées du système lymphatique ou s'égarer dans les diverses régions de l'économie pour y subir diverses modifications. Si le milieu ambiant leur est défavorable, ils s'altèrent et meurent; au contraire, s'ils y rencontrent une nourriture

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CX, 1890, p. 165.

facile et abondante, ils ne tardent pas à s'accroître en raison directe de ces conditions de mieux-être.

Leurs dimensions s'en exagèrent d'autant et l'on arrive ainsi à rencontrer des leucocytes mesurant 1 millimètre de diamètre. Que vont-ils devenir ? Ils s'effritent par fragmentation de leur protoplasma et les produits de cette *clasmatocytose* (1) restitueront à l'organisme ce que les leucocytes originels lui avaient momentanément soustrait pour se nourrir et s'accroître.

Mais, pour la plupart des cellules à forme définie, il existe un maximum de croissance que l'élément ne saurait dépasser et qu'il atteint même assez promptement. Parvenu à cette taille-limite, il se trouve en pleine maturité et c'est alors qu'intervient une autre fonction, la Reproduction ; elle n'est d'ailleurs comme l'accroissement, qu'une extension de la nutrition.

Reproduction de la cellule. — Il est peu de chapitres de la vie cellulaire qui semblent offrir une telle complexité ; en réalité, celle-ci n'existe que dans l'imagination de certains auteurs. Exagérant l'importance des actes secondaires du phénomène, croyant à chaque instant découvrir des modes spéciaux et nouveaux, ils ont indéfiniment multiplié les formes de reproduction.

Sans doute le sujet ne laisse pas d'être parfois d'une

(1) M. Ranvier a très justement proposé de donner aux éléments qui présentent ce singulier phénomène le nom de *Clasmatocytes* (κλασμα, ατος, fragment ; κυτος, cellule).

interprétation délicate, mais on peut toujours en poursuivre sûrement l'analyse. Il suffit, pour y réussir, d'appliquer les notions que nous venons d'acquérir.

En établissant la valeur respective du noyau et du protoplasma, nous avons vu que celui-ci représentait surtout la partie végétative de la cellule et devait principalement veiller à sa nutrition ; au noyau incombait le soin d'assurer sa reproduction. C'est donc en lui qu'il faut chercher le foyer de la multiplication cellulaire.

Telle est, en effet, l'essence même du phénomène ;

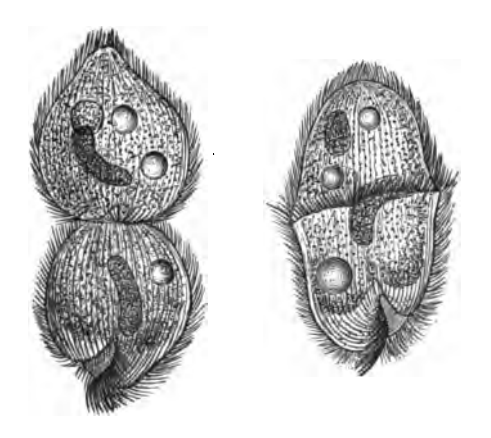


Fig. 108. — Scissiparité d'un Infusoire *(Balantidium)*. D'après Leuckart.

mais il peut revêtir deux formes principales, désignées sous les noms de *division directe* et de *division indirecte*.

Division directe. — La division directe avait été observée assez souvent chez les Protozoaires (fig. 108) qui en avaient montré les phases essentielles dans leurs actes de scissiparité : le noyau s'étrangle en son milieu, le protoplasma suit le même mouvement et, par rupture du pédoncule ainsi formé, la cellule se divise en deux cellules-filles. — Quelquefois le noyau se scinde non seulement en deux, mais en trois ou quatre segments qui deviennent l'origine d'autant de jeunes cellules.

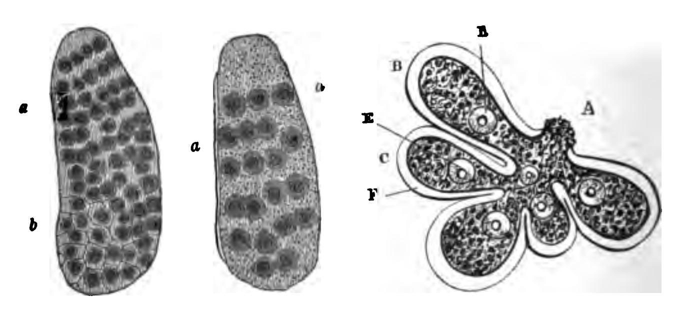


Fig. 109. — Multiplication cellulaire dite endogène dans la couche blastodermique d'un œuf d'Insecte. (Balbiani).

Fig. 110. — Multiplication cellulaire dite par bourgeonnement chez un Mollusque lamellibranche (*Venus decussata*) : A, cellule mère ; B, C, « bourgeons » que l'on regardait comme formés par le refoulement de la paroi cellulaire F, sous la pression des nouveaux noyaux D, E. (Leydig).

En ce qui concerne les éléments des Métazoaires, leur division directe avait été signalée sous le nom de reproduction endogène (fig. 109), par bourgeonnement (fig. 110), etc., mais elle n'a été réellement connue qu'à la suite des belles observations de M. le Professeur

Ranvier sur les leucocytes de l'Axolotl (1). Ce fut seulement alors que l'histologie comparée put décrire exactement ce processus qui est fréquent chez les Insectes, Crustacés, etc. L'histologie pathologique en a également recueilli plusieurs observations (fig. 111).

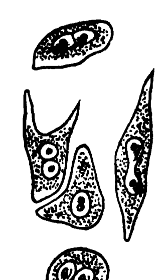
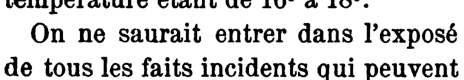


Fig. 111. — Cellules de carcinôme avec noyaux en voie de division directe. (Rindfleisch).

D'une façon générale, la division du protoplasma suit encore celle du noyau ; mais l'ensemble de ces phénomènes exige souvent, pour s'accomplir, un temps notable ; c'est ainsi que la partition des leucocytes ne s'opère guère en moins de trois heures, la température étant de 16° à 18°.



On ne saurait entrer dans l'exposé de tous les faits incidents qui peuvent se présenter au cours de la division directe. Cependant il en est qui semblent réclamer une attention spéciale et dont l'observation ne laisse pas de suggérer certaines réflexions. Tel est l'exemple suivant :

Lorsqu'on étudie l'évolution des cellules épithéliales chez les Lamellibranches, on voit parfois leur noyau devenir multilobé, puis un de ses lobules se sépare de la masse nucléaire et autour de lui se condense une petite aire protoplasmique. Il en résulte la formation endogène d'une cellule-fille née dans la cellule-mère et y demeurant incluse comme une sorte de kyste intracellulaire. Le fait n'est pas seulement intéressant pour l'histologie

(1) Ranvier, *Traité technique d'Histologie*, 2ᵉ éd., 1889, p. 136 et suiv.

zoologique, il l'est également pour la pathologie générale : il se pourrait que, parmi les formations récemment décrites comme des parasites intracellulaires, il y en eût dont la valeur fût très différente et dont l'origine dût être rapportée à de pareils faits de partition nucléaire.

Division indirecte. — La division indirecte n'a été observée avec quelque exactitude que dans ces dernières années. Elle a été surtout étudiée avec succès par Ranvier, Flemming, Strasburger, Balbiani, Guignard, Henneguy, etc.

On l'a désignée fréquemment sous différents noms ; les plus usités sont ceux de *Karyokinèse* (καρυος, petite noix, noyau ; κινεσις, mouvement) et de *Karyomitose* (καρυος ; μιτος, fil) (1). Elle peut s'observer chez les végétaux comme chez les animaux et son étude est des plus instructives ; elle nous révèle presque incessamment des faits nouveaux, nous ouvrant de larges aperçus sur la valeur respective du protoplasma et du noyau. Aussi ne saurait-on engager trop vivement tous les histologistes à suivre attentivement chaque fait de karyokinèse dont ils peuvent être témoins ; peu de recherches sont aussi attachantes, aussi fructueuses.

C'est à tort que l'on regarde ces questions comme des plus arides dans leur exposé, des plus difficiles dans eur interprétation. La faute en est vraisemblablement

(1) Le terme de *Cytodiérèse*, proposé par M. Henneguy, mériterait d'être adopté comme mieux en rapport avec la réalité des faits.

à certains auteurs qui, dans une intention des plus louables, s'efforcent de condenser en une formule unique des phénomènes qui présentent, en réalité, de nombreuses variations.

C'est à peine si, tentant d'en donner un aperçu général et de fixer les idées du lecteur ou du débutant, on peut présenter la division indirecte comme s'exprimant d'abord par une condensation de la substance nucléaire, puis par sa scission en deux masses destinées à émigrer vers les pôles opposés de la cellule, pour y former les noyaux des deux cellules-filles.

Telles sont bien les grandes lignes du phénomène, mais elles peuvent se modifier et se compliquer de cent détails secondaires, aussi ne saurait-on songer à les renfermer dans un cadre immuable.

Ici encore l'histologie comparée est d'un précieux concours : les actes karyokinétiques étant relativement simples chez certains Invertébrés, ceux-ci deviennent d'excellents sujets d'étude et de démonstration.

C'est ainsi que lorsqu'on suit l'évolution des tissus de la région caudale chez une jeune Testacelle, on y trouve des cellules d'aspect presque embryonnaire et sur lesquelles on observe aisément le processus général de la division karyokinétique dont voici les phases principales (1).

(1) Ce sont généralement les plus grosses cellules qui subissent la division indirecte ; elles doivent être examinées avec l'objectif à immersion n° 12 de Verick.

D'une manière générale il est impossible de poursuivre des recherches sur le noyau sans faire usage d'un bon objectif à immersion.

1. A l'état de repos (fig. 112, 1), la cellule se montre constituée par un corps protoplasmique qui contient un gros noyau limité par une membrane nucléaire et présentant sa formation nucléinienne sous un aspect assez vague. On y voit çà et là des corpuscules arrondis qu'on eût naguère décrits comme des nucléoles. Ce sont de simples réserves qui vont disparaître, lors des actes préliminaires de la division.

2. En effet, dès le stade suivant, ces réserves diminuent, puis s'effaçent et se désagrègent. Simultanément, la formation nucléinienne modifie son aspect, se scindant en fragments irréguliers et totalement chrômatiques (fig. 112, 2).

Tandis que ces premiers phénomènes s'observent dans le noyau, le protoplasma cellulaire ne reste pas inactif : il semble former vers chaque extrémité du noyau, deux petites masses semées de granulations notablement chromatiques, si on les compare à l'ensemble du corps cellulaire. Ce sont là des formations dont le rôle n'est pas ici nettement défini, mais dont nous aurons bientôt à rappeler la notion.

3. Le troisième stade (fig. 112, 3) se caractérise par un agencement spécial du filament qui oriente ses boucles de façon à dessiner une figure à lobes sinueux.

4. La membrane nucléaire disparaît. En même temps, le protoplasma de la cellule s'écarte, laissant une large zône claire autour du noyau (fig. 112, 4).

C'est sur lui que se localisent les changements les plus importants : non-seulement il a perdu sa membrane, mais accentuant la tendance esquissée au stade

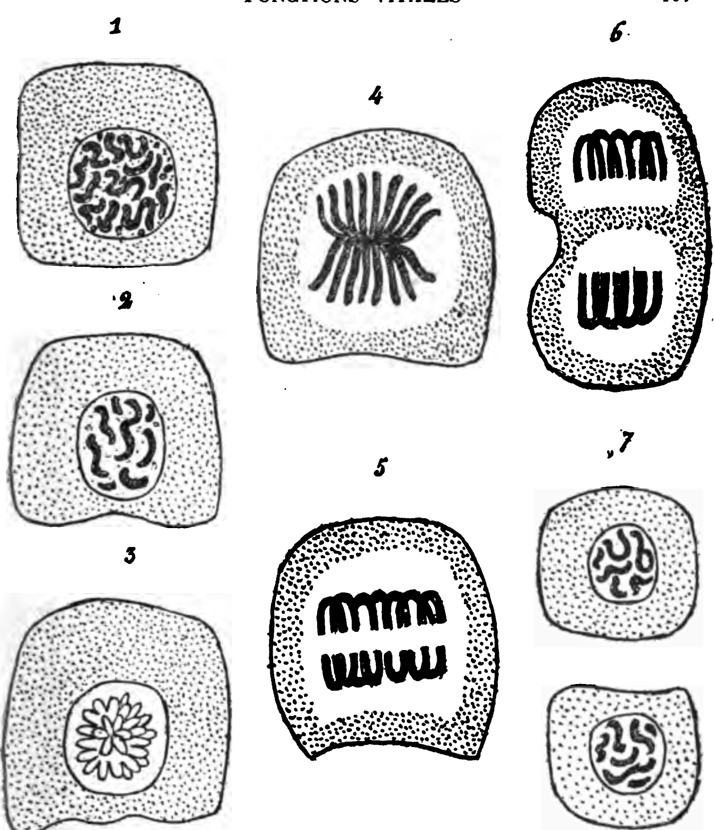


Fig. 112. — Karyokinèse chez la Testacelle.

1, Cellule à l'état de repos ; limité par sa membrane nucléaire, le noyau présente, en outre des rubans nucléiniens, quelques corpuscules de réserve arrondis. — 2, première phase de la division indirecte ; les réserves disparaissent et les rubans nucléiniens tendent à se grouper. — 3, les rubans nucléiniens forment une figure à lobes arrondis. — 4, disparition de la membrane nucléaire ; les rubans nucléiniens ou chromatiques se sont groupés en étoile. — 5, les filaments chromatiques, recourbés en U, forment deux groupes disposés dans la région équatoriale de l'élément. — 6, chacun des deux groupes nucléiniens émigre vers un pôle de la cellule qui montre ici un étranglement unilatéral. — 7, la division cellulaire est accomplie ; chacune des deux cellules-filles montre son noyau à l'état de repos, entouré d'une membrane nucléaire.

précédent, il groupe sa substance chromatique sous la forme d'une masse radiaire de rubans ondulés.

5. La forme des rubans se modifie : ils semblent se recourber en U, les concavités se regardant; de plus, ils se disposent de manière à figurer une sorte de *plaque équatoriale*. Cette phase est ici la dernière qui montrera la totalité de la matière chromatique rapprochée dans la même région.

6. En effet, les rubans se séparent bientôt en deux masses qui s'écartent du centre de la cellule (fig. 112, 6).

Le protoplasma paraît alors grouper ses granulations en séries plus ou moins linéaires, mais ici cette tendance est toujours vague.

Pendant que les deux groupes chromatiques émigrent vers les pôles de la cellule, les rubans atténuent leur forme en U.

L'élément s'étrangle rapidement; le protoplasma occupe sa partie centrale, ne ménageant plus qu'un espace clair au pourtour des deux amas chromatiques.

7. Le pédoncule médian s'est rompu ; la cellule-mère a produit deux cellules-filles. Dans chacune de celles-ci se voit un noyau entouré d'une membrane nucléaire et pourvu d'une formation nucléinienne.

Les jeunes éléments, nés par voie karyokinétique, rappellent donc exactement la cellule qui a été le point de départ de toute cette série d'observations.

La cellule-fille s'accroîtra et atteindra sa période de maturité; puis, si les circonstances sont favorables, son noyau passera de l'état statique à l'état dynamique et les mêmes phénomènes se succéderont.

Le noyau affirme nettement ici sa puissance génésique ; il est le facteur essentiel de la multiplication cellulaire.

Cependant il ne faudrait pas restreindre trop complètement le rôle du protoplasma, et l'on se tromperait singulièrement en supposant qu'il ne commence à subir l'influence de la karyokinèse qu'au moment où s'ébauche l'étranglement de la cellule.

Non seulement le protoplasma se prépare beaucoup plus tôt à la partition qu'il doit subir, mais il se trouve assez promptement mêlé aux actes karyokinétiques.

On pouvait déjà le soupçonner en considérant ces sortes de condensations protoplasmiques, qui s'esquissent vers les pôles du noyau en voie de karyokinèse, et en se reportant à l'apparition d'une zône claire autour du noyau ; on en trouve une nouvelle preuve dans l'action respective de l'éosine et de l'hématoxyline. — Évidemment le protoplasma acquiert des propriétés histochimiques nouvelles au contact de la substance nucléaire qui diffuse dans sa masse dès que la membrane nucléaire disparaît.

Mais c'est surtout dans le dernier acte de la karyokinèse, dans la séparation des deux cellules-filles, que le protoplasma cellulaire intervient de la façon la plus évidente. C'est lui qui détermine la scission définitive et l'on peut dire qu'en ce moment son rôle l'emporte sur celui du noyau.

Si nous avons pu parcourir assez rapidement le cycle

complet d'une division indirecte, nous le devons au choix du sujet de description. Chez ce type histique (jeune cellule de la région caudale de la Testacelle), le noyau était presque totalement occupé par la formation nucléinienne; celle-ci se montrait également chromatique dans toutes ses parties; enfin la membrane nucléaire persistait assez longtemps.

Un tel ensemble de circonstances facilite singulièrement les observations, qui deviennent au contraire plus délicates lorsque se présentent les conditions inverses. Quand la membrane nucléaire se dissout promptement (cette dissolution précoce est fréquente chez les animaux), le protoplasma cellulaire et le protoplasma nucléaire se pénètrent et se mêlent; de nombreuses com plications en résultent.

D'autre part, si le noyau est riche en matière achromatique, spécialement si son protoplasma somatique est abondant, la substance achromatique se groupe de manière à dessiner des figures qui se superposent en quelque sorte aux groupements chromatiques et compliquent singulièrement le processus de la karyokinèse.

De pareils états ne sont pas rares dans les tissus animaux, et, pour ne citer qu'un exemple, je l'emprunterai à Flemming. On peut en résumer de la manière suivante les phases principales.

Dans le noyau à l'état de repos, la substance chromatique forme un fin réseau dans les mailles duquel est répartie la substance achromatique (fig. 113, *a*).

Lorsque le moment de la division est proche, la substance chromatique se pelotonne sous forme de filament (fig. 113, *b*).

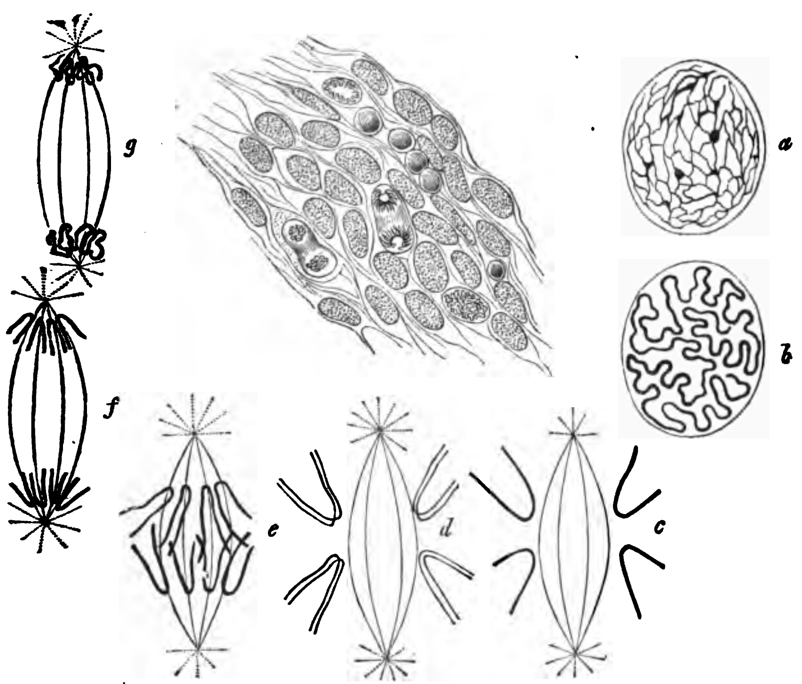


Fig. 113. — Division indirecte, d'après Flemming : *a,* noyau à l'état de repos avec sa formation nucléinienne trabéculaire et quelques corpuscules arrondis ; *b,* la formation nucléinienne se présente en peloton, les corpuscules ont disparu ; *c,* quatre anses chromatiques simples sont figurées autour d'un fuseau central ; *d,* les anses sont dédoublées ; *e,* phase de la plaque équatoriale ; *f,* émigration des anses chromatiques ; *g,* retour des noyaux-filles à la forme pelotonnée.

La figure centrale et supérieure représente un parenchyme avec division indirecte des noyaux à un plus faible grossissement (1/500).

Bientôt la substance achromatique se groupe en un fuseau que terminent deux figures polaires auxquelles

on donne le nom d'*asters*, terme qui a malheureusement reçu diverses acceptions. C'est à ce moment que le filament chromatique se divise en un grand nombre de petites anses en forme d'U, dont la partie convexe est dirigée en dedans (fig. 113, *c*).

La division de la chromatine ne s'arrête pas là ; au stade suivant (fig. 113, *d*), les anses se sont dédoublées ; puis elles se rapprochent en une plaque équatoriale (fig. 113, *e*), pour émigrer ensuite vers les pôles (fig. 113, *f*) ; enfin le noyau se divise et les anses chromatiques se groupent de nouveau en pelotons (fig. 113, *g*), pour former dans chacun des noyaux-filles un réseau semblable à celui qui existait dans le noyau-mère à l'état de repos.

On voit que cette description est assez compliquée, en raison de l'abondance de la substance achromatique. Il est même vraisemblable que celle-ci est encore plus complexe que ne le supposait Flemming ; on peut croire que, d'assez bonne heure, elle devient mixte, contenant tout à la fois du protoplasma cellulaire et du protoplasma nucléaire. Ceci semble surtout admissible pour les filaments des figures fusiformes et, de fait, ces fuseaux réflètent assez souvent l'aspect du corps cellulaire. Ils s'allongent si celui-ci est allongé ; ils se raccourcissent, au contraire, si la cellule est renflée.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que le noyau initial, ce que l'on peut appeler le noyau-mère, se divise simplement en deux. Tel est, en effet, le cas le plus fréquent ; mais le noyau peut être le siège

d'une partition multiple, se scindant en trois ou quatre noyaux-filles et donnant naissance à autant de jeunes cellules. Ces faits rentrent d'ailleurs absolument dans le cadre de la karyokinèse ordinaire et s'accomplissent suivant les mêmes processus ; ils ont été parfaitement étudiés par M. le professeur Cornil (1). Depuis ses recherches, divers histologistes ont signalé, à plusieurs reprises, des figures de division multiple.

Nous ne saurions entrer dans le détail des autres cas spéciaux qui pourraient également être mentionnés à propos de la division indirecte ; les limites de cet ouvrage ne le permettraient pas et, d'autre part, c'est surtout ici qu'il importe de bannir l'hypothèse et de se borner à la rigoureuse constatation des faits observés. De nombreuses considérations commandent une telle réserve.

En Biologie, on doit toujours se défier des distinctions absolues, ne les accueillir qu'avec une extrême circonspection. S'il en fallait des preuves démonstratives, on les trouverait à chaque page de l'histoire de la reproduction cellulaire.

A peine avait-on entrevu ses deux formes principales qu'on admit immédiatement entre elles un antagonisme constant. Elles devaient toujours s'exclure réciproquement.

(1) Cornil, *Division indirecte des cellules épithéliales* (*Archives de Physiologie,* 1886).

Rien de plus inexact : en maintes circonstances on a vu la division directe et la division indirecte se présenter en même temps ou se succéder presque sans intervalle, dans le même tissu, pris au même âge chez le même individu.

Mieux encore, on a pu observer, entre ces deux modes de partition, de fréquentes substitutions.

La substance grise embryonnaire des Mammifères était ainsi partout citée comme multipliant ses cellules par karyokinèse ; il a suffi d'étendre les recherches pour constater que celle-ci ne laissait pas d'y faire souvent défaut, s'y trouvant suppléée par la division directe (1).

Inversement, cette même karyokinèse a pu être étudiée sur les leucocytes qui semblaient fatalement soumis à l'autre forme de division.

Il devient dès lors inutile de rappeler les nombreuses divergences des auteurs et l'on s'explique comment certains observateurs ont pu formuler, à l'égard du même type, des conclusions diamétralement opposées.

D'autre part, l'histologie zoologique ne saurait accepter la corrélation qu'on a parfois tenté d'établir entre les formes de la division cellulaire et les embranchements du règne animal. De pareils rapprochements

(1) Vignal, *Développement du système cérébro-spinal chez l'Homme et les Mammifères*, p. 191-192 (*Thèses de la Faculté des Sciences de Paris*, 1889).

sont fatalement éphémères et se trouvent aussitôt controuvés : telles les vues de Frenzel qui n'admettait pour les Arthropodes que la division directe ; or, maints exemples montrent que leurs cellules peuvent se reproduire également par karyokinèse !

Enfin plus les recherches se multiplient, plus il devient difficile de déterminer la part que le corps cellulaire et le noyau doivent respectivement revendiquer dans ces phénomènes. La plupart des auteurs sont en général très affirmatifs à cet égard ; le noyau interviendrait seul et la cellule ne ferait que lui obéir : *cellula ancilla nuclei.*

En y regardant de près, les choses n'apparaissent plus sous le même jour. On doit alors reconnaître que si le noyau représente le foyer d'où jaillit l'action impulsive, c'est au protoplasma que celle-ci doit ses effets utiles, car c'est lui qui règle, dirige et oriente les groupements complexes et variés qui, par leur rythme et leur succession, assurent la genèse des jeunes cellules.

Dans le noyau réside le centre de la reproduction cellulaire, mais la coordination de ses actes et leur réalisation appartiennent au protoplasma.

Qui sait même si la prééminence ne devra pas être prochainement acquise à celui-ci ?

Une semblable prévision se trouve singulièrement justifiée lorsqu'on se reporte à la notion des amas pôlaires, véritables sphères attractives, peut-être même directrices, mentionnées plus haut dans les jeunes cel-

lules de la Testacelle et qui, dans nombre d'éléments végétaux et animaux, acquièrent un haut intérêt. MM. Guignard et Henneguy ont justement insisté sur l'importance des particularités de cet ordre qui s'observent ainsi dans le protoplasma des éléments en voie de partition. Si nous ne pouvons encore dégager de ces faits tout l'enseignement qu'ils comportent, nous devons au moins nous en inspirer pour reconnaître que l'étude de la division cellulaire ne saurait être considérée comme achevée ; malgré le nombre et la valeur des travaux qui lui ont été consacrés, elle appelle encore de nouvelles et fécondes recherches.

MOTRICITÉ. — La *motricité* ou *contractilité* est une propriété inhérente à toute cellule. Nous le savons depuis Dujardin et le terme de « sarcode » dont il se servait pour désigner le protoplasma, aurait dû être conservé, car il exprime un des attributs essentiels de l'élément figuré.

On observe cette fonction non pas seulement chez le Protozoaire, où ses manifestations sont généralement des plus évidentes, mais aussi dans les cellules agrégées en tissu.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que, chez elles, bien des degrés seront à distinguer.

Tantôt on constatera des mouvements de totalité semblables à ceux d'un Amibe ; le fait ne s'observe pas seulement dans les éléments des Spongiaires et des Cœlen-

térés où il se présente avec une grande fréquence, même sur les œufs (fig. 114); on le constate également chez certains éléments des Vertébrés supérieurs. N'est-ce pas ainsi que fonctionnent les leucocytes, les cellules migratrices du tissu conjonctif et tous les éléments aptes à exercer ces actes de phagocytose sur lesquels nous aurons bientôt à insister?

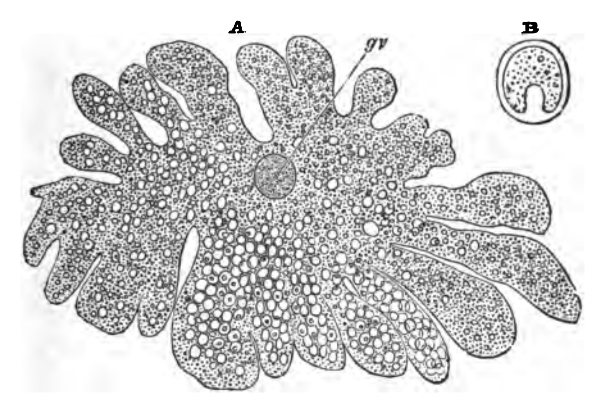


Fig. 114. — Œuf de l'Hydre se présentant à l'état amiboïde, émettant de nombreuses expansions protoplasmiques ; dans son intérieur se voient des sphérules vitellines ; l'une d'elles est representée, plus grossie, en B. (Kleinenberg).

Les spermatozoïdes peuvent être encore cités au nombre des éléments mobiles dans leur totalité ; toutefois leur motricité est généralement subordonnée à certaines conditions biologiques.

Ailleurs, cette fonction s'exerce encore dans toute la masse de l'élément ; mais celui-ci ne se déplace pas, il

se contracte *in situ*. Tel est le cas de la fibre musculaire qui nous fournit un excellent exemple de la division du travail au sein de la fédération histique : la spécificité de l'élément se traduit par l'exagération de celle de ses propriétés originelles qui doit s'accentuer en raison de son rôle spécial dans l'organisme (fig. 115).

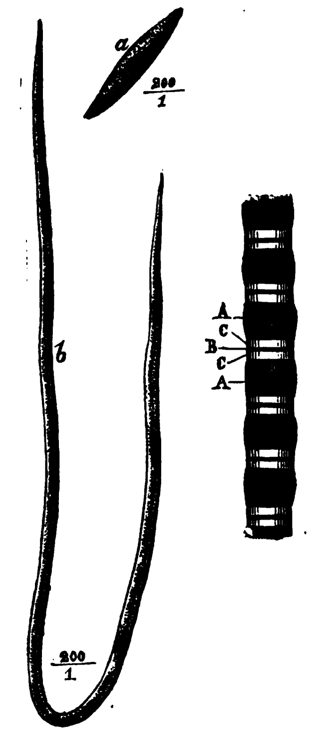


Fig. 115. — Éléments musculaires lisses et striés.

A gauche sont représentés deux éléments lisses (*a* et *b*).

A droite se voit un fragment de fibre striée avec la succession de ses disques épais A et de ses disques minces et clairs C, ceux-ci étant traversés par une strie foncée B.

Souvent la contractilité semble se localiser sur une partie limitée de la cellule, que cette région porte un unique flagellum ou une toison de cils vibratiles ; mais, quand on pénètre dans l'intérieur de l'élément, on retrouve la contractilité s'affirmant de toutes parts, soit dans les trabécules hyaloplasmiques du corps cellulaire, soit dans les filaments nucléiniens du noyau. Tout concourt donc à montrer avec évidence

que cette fonction représente la faculté maîtresse de la substance vivante. Le caractère que lui assignait Dujardin demeure constant.

Sensibilité. — Les manifestations de la contractilité vont encore nous aider à rechercher, dans la cellule, la dernière propriété qui nous reste à y découvrir pour avoir achevé la liste des attributs de la vie.

Qu'est-ce que la sensibilité pour le biologiste, sinon l'aptitude à répondre aux excitants extérieurs ?

Or, dans la plupart des cas, c'est par la contractilité que la cellule parviendra à accomplir ces actes responsifs. Si leur constatation y présente des difficultés, celles-ci doivent être rapportées à la cause que nous invoquions plus haut : en raison de la division du travail, les propriétés originelles de l'élément se modifient corrélativement au rôle qui lui est imposé dans la fédération. Parfois même, comme pour la cellule glandulaire, etc., la réaction se manifestera sous une forme spéciale et ne se traduira plus par des phénomènes de contractilité.

La sensibilité n'en est pas moins générale dans toutes les cellules, aussi bien dans l'élément tissulaire du Vertébré que dans la cellule autonome et isolée de l'Infusoire.

Les excitants les plus variés interviennent ainsi pour activer les fonctions de l'élément, qu'ils soient d'ordre physique, d'ordre chimique ou d'ordre physiologique.

S'ils agissent avec une intensité exagérée, ils peuvent

attaquer la cellule et la tuer. C'est ce qui arrive, par exemple, avec la chaleur lorsqu'elle dépasse une certaine moyenne, ou avec l'électricité qui détermine des phénomènes souvent très accentués (suractivité du mouvement moléculaire, etc.), puis la mort, ainsi que l'établissent les expériences de Heidenhain sur les cellules cartilagineuses.

Les excitants chimiques finissent, plus ou moins promptement, par exercer une action toxique. Non seulement les acides coagulent le protoplasma, mais l'eau distillée même peut devenir un violent poison pour la cellule.

Quant aux excitants physiologiques, ils sont essentiellement représentés par le milieu intérieur et le système nerveux. Les moindres variations du premier retentissent aussitôt sur les éléments qu'il baigne; quant au système nerveux, qui tient sous sa dépendance toutes les parties de l'organisme et en règle le rythme, il représente l'excitant essentiel des cellules. C'est lui qui provoque leur activité et fait naître ces antagonismes, ces conflits cellulaires dont la résultante se traduit par tel ou tel phénomène vital. Des myriades de cellules peuvent être ainsi mises en action par la plus simple des actions réflexes.

Si nous nous reportons aux expériences de M. Charles Richet, nous constatons que la vue d'un morceau de viande suffit à produire chez le Mammifère non seulement une secrétion salivaire, mais une abondante secrétion de suc gastrique. Qui se hasarderait à

supputer le nombre des cellules ainsi mises en jeu? Encore ne prenons-nous ici qu'un exemple des plus simples, fourni par un réflexe grossier, brutal; on peut à peine se faire une idée de l'ensemble des réactions cellulaires qui doivent s'opérer dans certaines circonstances : en présence d'une action nerveuse volontaire mettant en mouvement tous les appareils de l'économie, ou lorsqu'il se produit dans celle-ci des désordres graves ébranlant plusieurs de ses organes et portant à son maximum d'intensité l'activité de leurs éléments !

Est-il maintenant nécessaire d'ouvrir un chapitre spécial pour la vie psychique de la cellule? Cette parenthèse est inutile, du moment que nous reconnaissons à toute cellule *la sensibilité*, avec l'acception que le biologiste donne à ce terme, c'est-à-dire en la considérant comme la faculté de recueillir les excitations ambiantes et d'y répondre. Nous admettons par cela même que l'élément histique est apte à exercer les actes d'attraction et de répulsion qui représentent les linéaments de toute vie psychique, l'ébauche des sensations de plaisir et de déplaisir.

Haeckel n'hésite pas à admettre une *âme cellulaire* qui, par d'innombrables degrés d'élaboration et de perfectionnement, nous conduirait de l'âme « obtuse » de la cellule à l'âme consciente de l'homme. Nous n'avons pas à mêler ainsi les conceptions psychologiques les plus subtiles aux plus remarquables et aux plus réelles conquêtes de la biologie moderne. Les manifestations

de la sensibilité cellulaire sont assez variées et assez importantes pour se passer de toute amplification dogmatique.

3. — LA LUTTE POUR L'EXISTENCE

L'existence de tout être vivant se résume en une lutte incessante ; le rappeler est répéter une vérité banale aujourd'hui. Ce *struggle for life*, dont Darwin a si justement introduit et si heureusement développé la notion, se retrouve à tous les degrés de l'organisation ; l'humble cellule ne saurait y échapper.

Qu'elle soit libre et isolée, vivant en pleine autonomie, constituant un Protozoaire abandonné dans le milieu cosmique ; qu'elle soit au contraire enfouie dans les profondeurs des tissus d'un Métazoaire, toujours elle devra lutter sans relâche pour son existence.

I. Protozoaires. — Rien de plus intéressant, de plus instructif que d'observer à cet égard le Protozoaire, être unicellulaire, trouvant dans les seules forces de la cellule des ressources qu'on ne soupçonnerait guère et des moyens de défense parfois surprenants.

Il s'agit d'abord d'assurer à la cellule, vivant ainsi librement de sa vie propre, une protection suffisante contre les injures extérieures.

Bien des degrés s'observeront à cet égard. Il est peu de Protozoaires qui soient vraiment nus, totalement dépourvus de tout revêtement défensif; celui-ci apparaît dès le groupe même des Amibiens, dont le nom semble pourtant impliquer l'idée d'un simple globule protoplasmique.

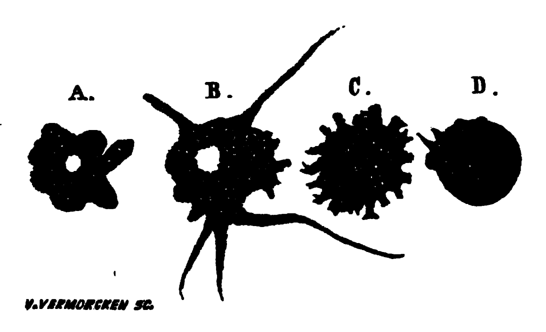


Fig. 116. — Amibe vu sous diverses formes (A, B, C, D) successivement présentées pendant un quart d'heure (400/1).

En réalité, cet état ne subsiste que chez les Amibes vrais ou Protamibes (fig. 116); de fort bonne heure on voit certains genres de cette classe se constituer un appareil protecteur, sans doute encore fort grossier, mais qui, par son origine et sa nature, n'en est précisément que plus instructif.

Ici comme chez les types plus élevés, c'est l'activité du protoplasma qui intervient déjà, se manifestant de la façon la plus curieuse et se traduisant par des résultats singulièrement dignes d'attention.

La différenciation du protoplasma n'étant pas encore

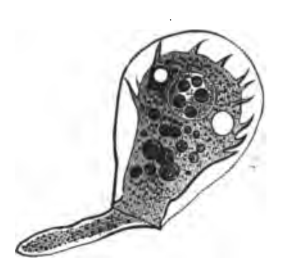
portée assez loin pour réaliser la formation d'une membrane cuticulaire ou pour constituer un ectosarque appréciable, l'Amibe procède par voie d'emprunt extérieur.

Les phénomènes nécessaires à assurer sa nutrition provoquant sans cesse à sa surface une exsudation visqueuse et abondante, il se sert de ce produit comme d'un mastic ou d'un ciment, agglutinant les corps étrangers qui se trouvent à sa portée (grains de sable, etc.); il les soude ainsi les uns aux autres, s'en formant une carapace qui, pour être adventice, n'en est pas moins assez puissante. Inutile d'ajouter qu'elle ne recouvre pas totalement l'animal, ménageant certains points pour l'émission des pseudopodes.

Tel est le premier et le plus simple des moyens de protection mis en œuvre par la cellule somatique du Protozoaire. Les Difflugies en offrent un remarquable exemple.

Bientôt nous assistons à un progrès considérable : dans le protoplasma se distinguent nettement deux régions : l'une centrale, l'*endosarque*, qui devra assurer les phénomènes intimes de la nutrition et s'associer aux actes de la reproduction ; l'autre périphérique, l'*ectosarque*, chargé des relations extérieures. Pour que celles-ci puissent s'exercer, il faut de toute nécessité que l'animal ne soit pas exposé à disparaître dès la première rencontre, et c'est à quoi s'emploie immédiatement l'ectosarque.

Nous savons (1) qu'il est surtout formé par l'hyaloplasma, dont nous connaissons également la structure trabéculaire. Que les filaments hyaloplasmiques se rapprochent, qu'ils s'indurent légèrement et, grâce à ces simples modifications apportées à la constitution de la zone périphérique du protoplasma, l'animal se trouve sérieusement protégé.


Fig. 117. — *Hyalosphœnia lata.*

Divers Amibiens offrent ce degré de perfectionnement qui entraîne corrélativement la localisation des pseudopodes sur une région très limitée et caractérisée par l'absence du revêtement protecteur.

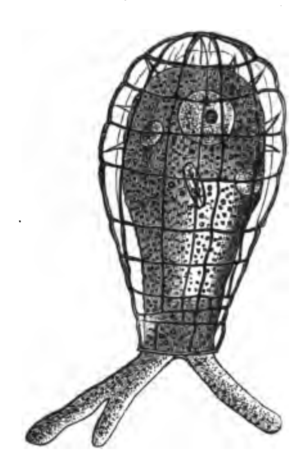
Dans la vase des marais et des étangs se trouve l'*Hyalosphœnia lata* (fig. 117), dont le protoplasma forme une cuirasse rigide, mais interrompue vers l'un de ses pôles, où elle dessine une sorte d'orifice circulaire qui livre passage aux pseudopodes.

Dans le genre *Quadrula* (fig. 118), la carapace est déjà moins grossière, se montrant constituée par un grand nombre de plaques carrées ou rectangulaires.

L'histologiste doit renoncer à ouvrir une discussion relative à l'exacte valeur morphologique de ces formations.

(1) Voy. pages 93-94.

Représentent-elles une simple couche ectoplasmique ou atteignent-elles l'importance d'une vraie membrane cellulaire, d'une véritable cuticule ? La question serait impossible à résoudre et l'on doit ajouter qu'elle n'a, en réalité, aucune importance. Nos études antérieures nous ont montré l'intime parenté qui unit ces divers états ; la cuticule ne possédant pas dans les cellules animales la composition qui la caractérise généralement chez les végétaux, il est impossible de la distinguer du protoplasma, dont elle n'est d'ailleurs qu'une émanation directe.



Fig, 118. — *Quadrula symetrica.*

Le zoologiste doit observer la même réserve à l'égard de ces formations et la preuve en est dans l'hésitation qu'il montre à classer définitivement les types qui les présentent.

L'Arcelle est une de ces formes *incertæ sedis*. Tantôt on la range parmi les Amibiens, auprès des Quadrules, tantôt parmi les Foraminifères. Son évolution suffit à expliquer ces divergences.

Quand on étudie une jeune Arcelle (fig. 119), on la voit recouverte par une capsule convexe sur la face supérieure où elle est parfaitement continue, concave sur

la face inférieure, où elle laisse passer les pseudopodes. On croirait voir une Méduse microscopique dont les tentacules ou bras seraient figurés par ces expansions protoplasmiques.

A cet âge, il est impossible de contester qu'il existe une réelle similitude entre la cuirasse de l'Arcelle et celle des Quadrules. On se croit évidemment en droit de les placer côte à côte parmi les Amibiens. Mais bientôt les choses se modifient considérablement.

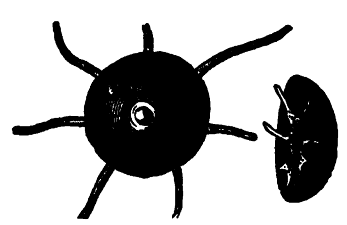


Fig. 119. — Arcelle vulgaire observée à l'état jeune, avec sa carapace uniforme et transparente.

La carapace perd cette transparence qui la caractérisait précédemment et permettait d'observer les mouvements du protoplasma somatique se contractant dans son intérieur. Puis elle cesse d'être uniforme dans toutes ses parties : des facettes brunâtres s'y dessinent. L'ensemble prend l'aspect d'une épaisse coquille, à test grenu, n'offrant plus à sa face ventrale qu'un étroit pertuis central. Si l'on examine une telle carapace sans avoir suivi son développement, ou même simplement après la mort de l'animal, on est tout naturellement conduit à la rapporter à un Foraminifère.

L'Arcelle n'est pas seulement fort instructive pour la comparaison des moyens de protection mis au service des êtres unicellulaires, elle est également très intéressante pour l'analyse des phénomènes considérés chez eux comme étant de nature psychique.

L'un des observateurs qui ont le plus ardemment défendu cette thèse n'hésite pas à reconnaître chez l'Arcelle des actes de conscience et de volonté.

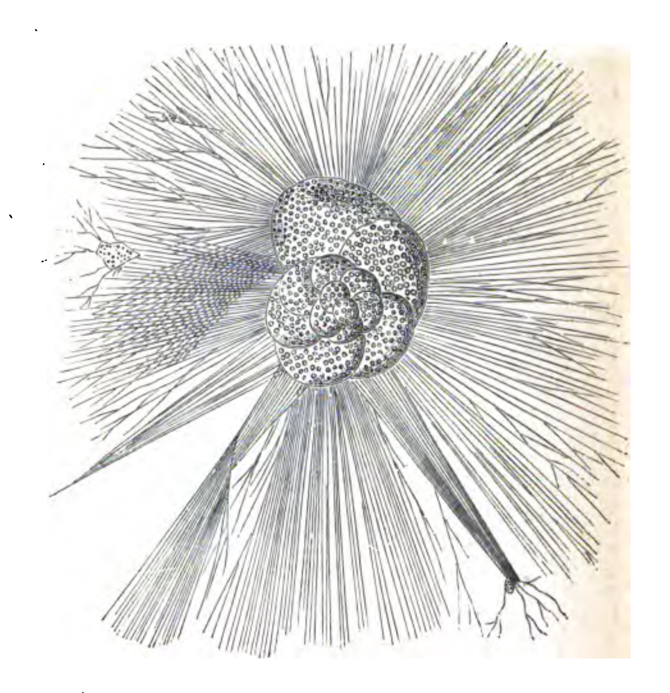


Fig. 120. — *Discobina globularis.*

Engelmann se base sur le fait suivant : quand on examine sous le microscope les Arcelles contenues dans une goutte d'eau, on voit certaines d'entre elles nager vers la surface du liquide, tandis que d'autres plongent

dans sa profondeur. De là à admettre des mouvements volontaires réglés par une « conscience psychique » et accomplis dans un but déterminé, il n'y a qu'un pas rapidement franchi par l'ingénieux observateur. Or, nul exemple ne pourrait être plus malencontreusement

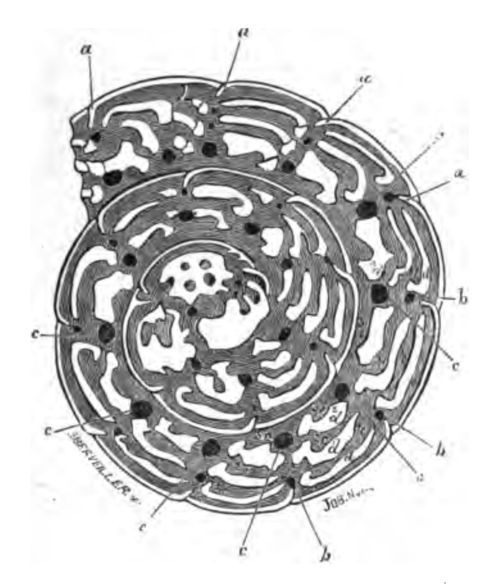


Fig. 121. — Coupe d'une carapace ou « coquille » d'*Alveolina Quoyi*.

choisi : il suffit d'analyser les conditions du phénomène pour voir que les mouvements sont corrélatifs de l'apparition de bulles gazeuses dans le protoplasma de l'Arcelle ; il s'agit là d'une simple excitation dérivant d'un processus physico-chimique.

Revenons à l'étude de l'appareil protecteur; il nous conduisait, avec l'Arcelle, au seuil du groupe des Foraminifères, et chacun sait quelle importance il y acquiert, avec quelle innombrable variété de formes il s'y trouve représenté. On en compte plusieurs milliers, souvent très bizarres, presque toujours fort élégantes (fig. 120).



Fig. 122. — Fragment de craie, vu au microscope.

Parfois l'espèce de coquille ainsi constituée reste membraneuse avec une large ouverture comme chez

la Gromie (voy. fig. 59, p. 106), qui se rapproche de l'Arcelle par la constitution de sa cuirasse protectrice. Mais celle-ci conserve rarement cet aspect chez les Foraminifères ; presque toujours elle s'incruste de calcaire et ménage de nombreux orifices (fig. 121) pour l'expansion des pseudopodes ; ainsi se trouve justifié le nom de Foraminifères (*porte-trous*) donné par d'Orbigny.

On sait quel rôle ont joué ces carapaces dans la for-

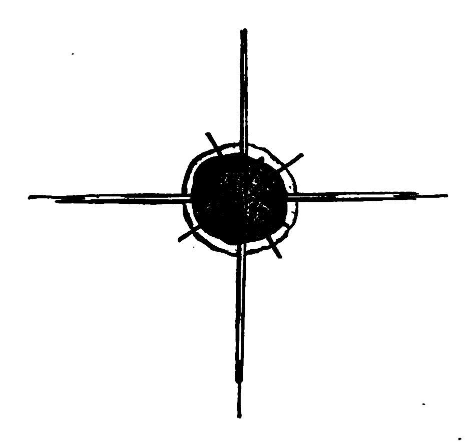


Fig. 123. — *Acanthometra pallida.*

mation de puissantes couches géologiques (fig. 122), qui demeurent comme les témoins de la merveilleuse industrie du protoplasma considéré chez les plus humbles représentants du règne animal.

Elle ne se montre pas moins éclatante dans le groupe

des Radiolaires ; leur nom rappelle la disposition rayonnée de leur carapace squelettique, généralement siliceuse.

Le protoplasma s'y présente presque toujours réparti

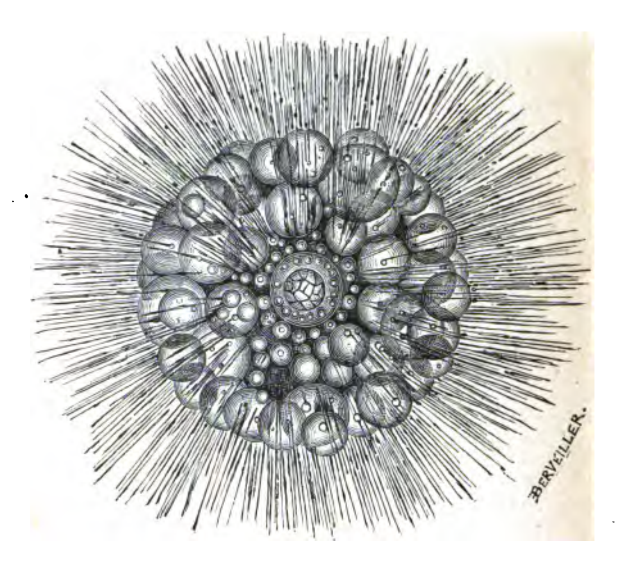


Fig. 124. — Clathruline élégante.

en deux portions : l'une intra-capsulaire, l'autre extra-capsulaire ; des pores très ténus assurent la communication entre ces parties.

Ici encore nous ne saurions entrer dans la description de toutes les variations squelettiques. Bornons-nous donc à rapprocher des formes précédentes les Clathru-

lines (fig. 124), dont la coquille fenêtrée se trouve portée par un pédicule qui permet à l'animal de vivre en colonie avec d'autres individus de la même espèce.

Chez les Infusoires, en considérant ce groupe dans ses limites les plus étendues et en y joignant les Flagellates, le corps se montre entouré d'une cuticule qui n'est qu'une différenciation plus ou moins marquée de l'ectosarque. On a récemment admis qu'elle offrait, chez certains Dino-Flagellates, une composition cellulosique ; n'y aurait-il pas là quelque erreur de détermination ? La confusion est souvent facile entre ces êtres et les corps reproducteurs de diverses Algues.

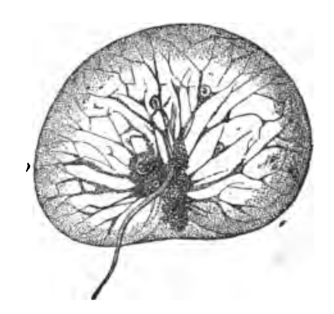


Fig. 125. — Noctiluque à carapace finement grenue et à long flagellum.

Généralement mince, mais résistante, parfois molle, plus rarement incrustée, la cuticule peut se montrer finement grenue, comme chez la Noctiluque (fig. 125), singulier animalcule auquel on doit le plus souvent le phénomène de la phosphorescence de la mer ; dans certains cas, ce tégument est strié longitudinalement ou transversalement.

C'est encore par une formation analogue que se trouvent protégées les Grégarines, qui vivent en parasites chez de nombreux Invertébrés (fig. 126).

La cuticule peut y acquérir une épaisseur des plus notables, s'y montrant même décomposable en plusieurs couches (*épicyte*, *endocyte*, etc.).

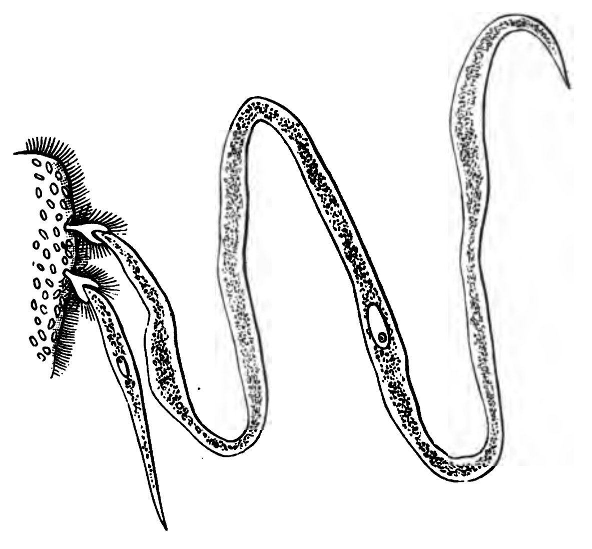


Fig. 126. — *Monocystis magna,* d'après Butschli. — Deux individus fixés dans les cellules caliciformes du testicule du Lombric.

En outre, cette cuticule forme souvent, sur la partie antérieure du corps, de puissants appareils de fixation (fig. 126).

Nous arrivons ainsi sur la limite, parfois assez vague, qui sépare les appareils protecteurs des organes défensifs ; étudions donc maintenant ceux-ci chez les animaux unicellulaires.

Les formations qui viennent d'être mentionnées sur la région céphalique de certaines Grégarines suffisent à indiquer comment la cuticule pourra doter le Protozoaire de piquants ou de stylets qui deviendront parfois des armes puissantes.

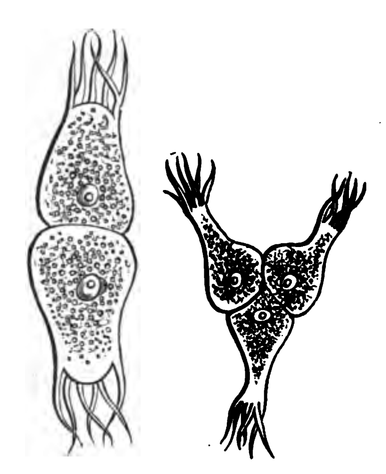


Fig. 127. — *Zygocystis cometa*, d'après Stein. — L'extrémité antérieure porte des filaments cuticulaires de fixation : A, deux individus en sygygie ; B, sygygie de trois individus.

Néanmoins, en raison de leur insertion fixe, celles-ci ne sauraient agir que dans des circonstances limitées. Il en est autrement pour les flagellums et pour les trichocystes.

Le *flagellum* peut servir à la locomotion, mais il constitue également un organe de capture et de défense.

En forme de long fouet, en nombre variable, même chez une espèce donnée (fig. 128), le flagellum représente une expansion protoplasmique. On peut le voir rentrer dans la masse du protoplasma pour être remplacé par un pseudopode qui s'effile et s'allonge en reproduisant l'aspect du flagellum initial.

Les *trichocystes* sont des bâtonnets urticants, logés dans l'ectosarque et que le Protozoaire décharge sur son

adversaire. Chez les Paramécies, les Ophryoglènes, etc., ils remplissent surtout un rôle défensif; mais, dans la plupart des cas, ils représentent des armes offensives. Leur localisation est presque toujours assez bien

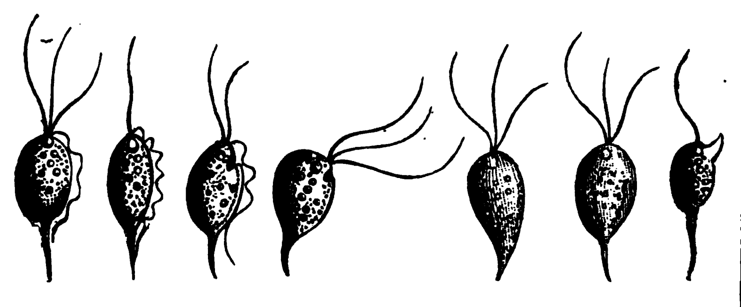


Fig. 128. — *Monocercomonas*, armés d'un nombre variable de flagellums. (Grassi.)

définie : ils se montrent disposés par groupes, ou « batteries, » sur la région buccale ou œsophagienne (*Lagynus, Didinium, Enchelys, Loxophillum, Amphileptus,* etc.).

Enfin chez les Acinètes (fig. 129) on trouve de longs tentacules terminés par des suçoirs ou ventouses qui permettent au Protozoaire de saisir sa victime et d'en absorber lentement la substance.

On voit à quel degré de complication peut atteindre l'être unicellulaire, à quelle perfection organique peut s'élever la gouttelette de sarcode qui en forme le corps. Si admirables que soient de tels résultats, ils ne sauraient plus nous étonner et c'est ailleurs que se con-

centre maintenant notre attention. Comment les Protozoaires ainsi constitués vont-ils pouvoir lutter pour l'existence ?

Remarquons d'abord l'espèce d'inversion qui s'ob-

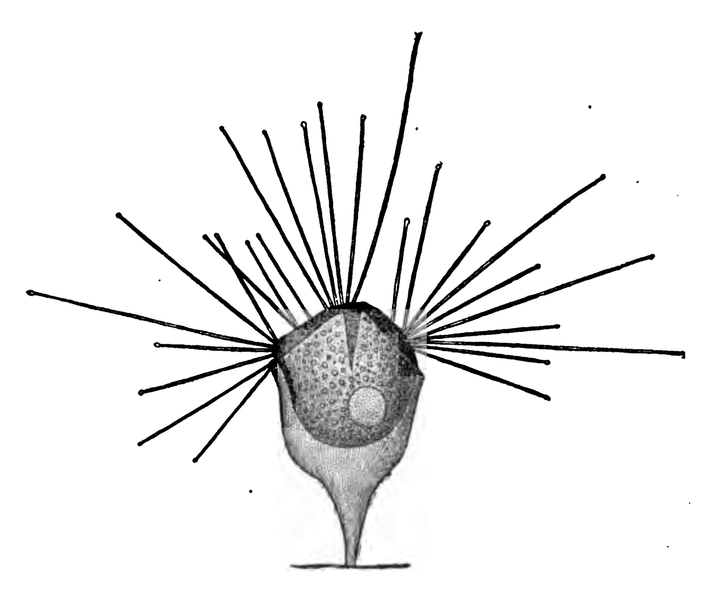


Fig. 129. — Acinète montrant de nombreux tentacules terminés par une ventouse ou suçoir.

serve dans le développement de leurs appareils d'attaque et de protection.

Les plus inférieurs de ces êtres sont, abstraction faite des Protamibes, revêtus d'une carapace ou d'une coquille, mais privés d'armes offensives. Celles-ci se

trouvent au contraire chez les Infusoires qui ne possèdent que rarement une cuirasse protectrice.

Les premiers, progressant lentement à l'aide de leurs pseudopodes, s'en serviront également pour la préhension de leurs aliments, prêts à rentrer sous leur test à la moindre alerte.

Les autres, n'étant plus astreints à d'aussi timides allures, mènent une tout autre vie ; on rencontre, parmi eux, de véritables fauves, d'ardents chasseurs, comme les *Lagynus* et les *Didinium*.

Ce dernier type, fort bien étudié par M. Balbiani, doit être regardé comme un des Infusoires les plus carnassiers qui habitent nos eaux stagnantes. Il décharge à distance ses trichocystes sur sa victime, qui s'arrête brusquement comme paralysée ; tout autour d'elle flottent les javelots qui lui ont été décochés. Le *Didinium* s'en approche alors et la dévore.

On le voit ainsi s'attaquer à des êtres plus gros que lui, spécialement à des Paramécies ; elles cherchent à échapper, tentant même de se défendre à l'aide des trichocystes qui arment leur ectosarque, mais elles succombent dans ce duel inégal.

Chacun sait avec quelle rapidité les Infusoires se développent dans la classique infusion de foin, où, depuis Leuwenhœck, on ne cesse de les étudier. Or, en procédant à ces observations, on constate qu'il y a une remarquable succession dans la nature des êtres qui apparaissent au sein du liquide.

Durant quelque temps on n'y découvre que des Monades, des Micrococcus, des Vibrions, etc. Puis, lorsqu'une couche glaireuse s'est formée à la surface de l'infusion, apparaissent des Colpodes, gros Infusoires constitués pour l'attaque et qui parcourent l'infusion en véritables bêtes féroces, dévorant tous les infiniment petits qui la peuplent. L'histoire des Protozoaires abonde en exemples de ce genre.

Mais on comprend que le chasseur soit souvent exposé à devenir lui-même la proie des animaux mieux armés auxquels il peut se heurter à chaque instant. Sa perte est dès lors certaine ; cependant il arrive souvent à s'y soustraire, grâce à d'ingénieux artifices : c'est ainsi que, fermant de toutes parts sa cuticule, il y disparaît comme dans une thèque absolument close. De nombreux Infusoires peuvent s'enkyster de la sorte, soit pour échapper à leurs ennemis ou pour digérer leurs victimes, soit pour se reproduire (fig. 130).

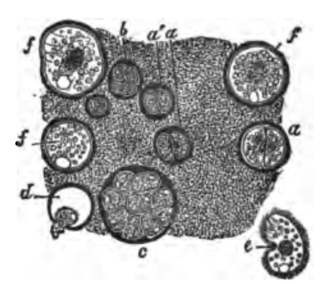


Fig. 130. — Enkystement des Colpodes : *a, b, c,* Colpodes se divisant à l'intérieur de leurs kystes ; *d,* Colpode sortant de son kyste ; *e,* Colpode libre ; *f,* Colpode enkysté.

Ce trop rapide aperçu, que l'on pourra compléter par la lecture des traités de zoologie, suffit à montrer par quelle incroyable activité, par quelle merveilleuse industrie, le Protozoaire arrive à soutenir la lutte pour la vie.

Celle-ci s'impose également aux cellules associées en tissus, aux éléments histiques des Métazoaires.

II. Éléments histiques. — Quel que soit son rang taxinomique, qu'il se trouve relégué dans le groupe infime des Éponges ou qu'il occupe une des premières places de la classe des Mammifères, toujours le Métazoaire possèdera la même valeur aux yeux du biologiste. Il sera constamment pour lui une association de cellules plus ou moins diversifiées dans leurs formes et leurs attributs, mais dont la réunion est indispensable pour constituer l'organisme considéré.

De même que celui-ci vit dans le milieu extérieur, de même ses cellules vivent dans le milieu intérieur que forment les liquides interstitiels. C'est là que s'opèrent leurs échanges nutritifs, c'est là qu'elles naissent, se reproduisent et meurent, Là s'exerce leur lutte pour l'existence, là s'élèvent entre elles de perpétuels conflits qui déterminent d'incessants tourbillons moléculaires et ne doivent prendre fin qu'au moment où, toute rénovation cellulaire devenant impossible, la mort de l'ensemble succède à ces morts élémentaires.

La physiologie moderne se trouve donc conduite à localiser la vie dans les éléments anatomiques ; la pathologie ne doit plus rechercher la maladie que dans leurs altérations ou dans les modifications du milieu qui les baigne. Ainsi disparaissent simultanément ces antiques conceptions métaphysiques de la force vitale et du principe morbide (1).

On retomberait dans des erreurs aussi graves que celles du passé, si l'on regardait les cellules comme des

(1) Duclaux, *Ferments et Maladies*, 1882, p. 93.

abstractions histiques, demeurant inertes et passives au sein de l'organisme.

Durant assez longtemps, il semble que l'on ait interprété de cette manière les résultats de la théorie cellulaire. Les personnes qui débutaient, vers 1865, dans l'étude des sciences naturelles et médicales, se rappellent l'aspect des planches d'histologie végétale ou animale qui étaient alors classiques : elles représentaient les cellules comme des pierres de taille enchâssées régulièrement dans des tissus qui ressemblaient à de vraies assises de maçonnerie; rien n'y paraissait vivre. Ces figures étaient plus exactes qu'on ne serait tenté de le croire aujourd'hui, en ce sens qu'elles traduisaient

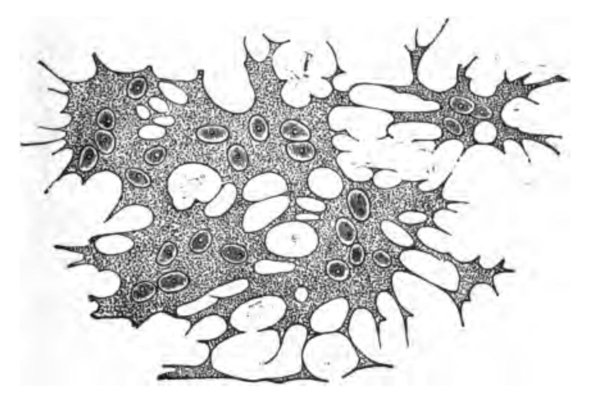


Fig. 131. — Cellules de la cornée en voie d'altération et de prolifération à la suite d'une plaie superficielle.

assez fidèlement les idées qui avaient cours parmi beaucoup de naturalistes.

C'est sous l'inspiration et à la voix de Claude Bernard que ces édifices tissulaires se sont animés lorsqu'il les eut montrés parcourus par le milieu intérieur, dont on ne doit jamais séparer la notion de celle des éléments qui y accomplissent tous les actes de leur existence.

Quant à la lutte incessante qu'ils mènent les uns contre les autres, elle est manifeste, puisque ces cellules ne sont qu'en équilibre instable. La moindre modification physique ou chimique, la moindre altération se produisant dans l'intimité du tissu ou dans le milieu interstitiel, se répercute de proche en proche (fig. 131) et provoque mille réactions locales (1).

On peut donc dire que la cellule n'est jamais à l'état statique, mais toujours à l'état dynamique. Cette considération est applicable à tous les éléments, sans en excepter les plus sédentaires en apparence ; elle devient surtout évidente pour les cellules nues, amiboïdes, capables de se déplacer au sein de l'organisme.

Nous avons déjà eu l'occasion de montrer que de sem blables éléments se retrouvent chez tous les êtres, même chez les plus élevés en organisation. Ils n'y représentent pas seulement les agents essentiels de la nutrition considérée dans son ensemble, ils concourent en outre à assurer la défense de la fédération.

De même que l'Infusoire était à chaque instant exposé

(1) Voyez le beau chapitre de M. le professeur Duclaux : *Conception physique de la vie* (*op. cit.*, p. 91 et suiv.).

aux atteintes de ses ennemis, de même l'organisme le plus parfait en apparence se trouve sans cesse menacé par des myriades de parasites cherchant à pénétrer dans l'intimité de ses tissus pour s'en repaître et y porter la mort.

Tels sont ces « microbes » que les botanistes rangent

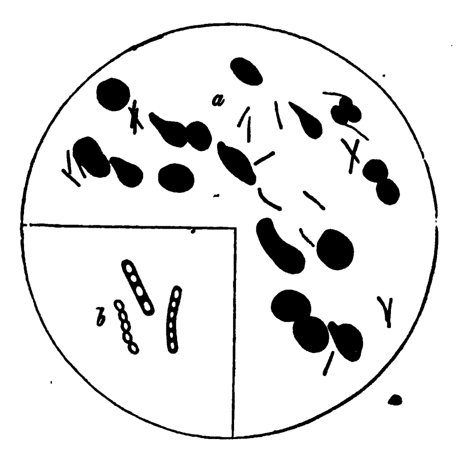


Fig. 132. — Bacilles de Koch : *a*, dans les crachats d'un phtisique, au milieu de leucocytes ; *b*, le bacille isolé et plus grossi.

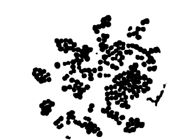


Fig. 133. — Le microbe principal de la suppuration (*Staphylococcus aureus*).

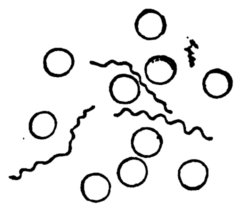


Fig. 134. — Spirilles du typhus récurrent, mêlés à des leucocytes.

dans la classe des Schizomycètes et dont ils distinguent divers groupes suivant que leur forme est bacillaire (fig. 132), arrondie (fig. 133), spiralée (fig. 134), etc.

Répandus dans le milieu ambiant, charriés par l'air et par l'eau, ces microbes cherchent à pénétrer par toutes les voies soit naturelles, soit accidentelles.

La moindre plaie (fig. 135) suffit à leur donner accès; mais trop souvent ils n'en ont aucun besoin et s'introduisent par les voies normales avec l'air ou les aliments. Il ne s'agit plus pour eux que de progresser dans les

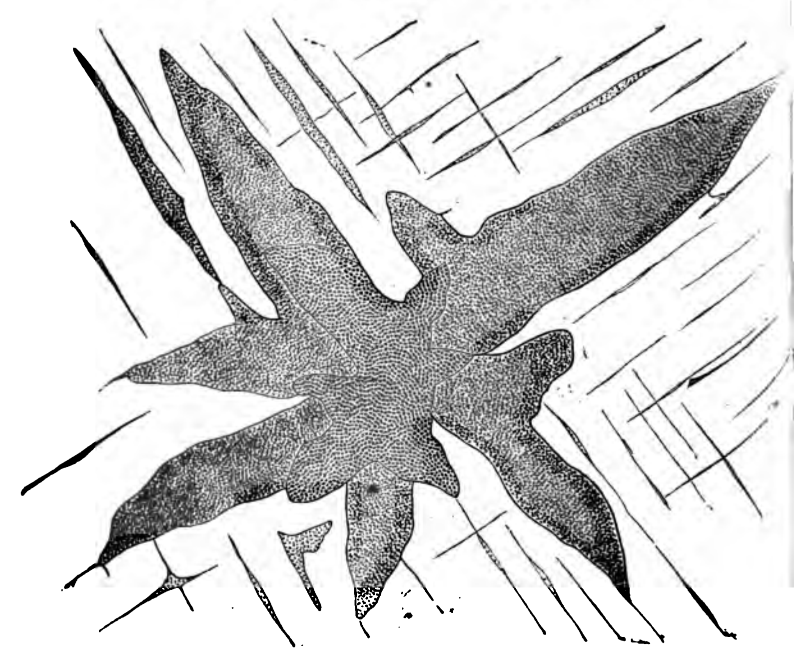


Fig. 135. — Pénétration des Microbes (*Micrococcus*) dans le tissu cornéen, à la suite d'une piqûre. Début d'une kératite par inoculation. (Eberth.)

tissus et la bataille s'engage avec les éléments histiques.

L'issue en est différente suivant les cas : retranchées dans les anfractuosités des cornets et des méats, les

cellules vibratiles arrêtent et repoussent au dehors nombre de microbes cherchant à entrer par les fosses nasales ; au contraire les minces cellules de l'épithélium pulmonaire livrent facilement passage à ceux qui ont pu arriver jusqu'à leur contact.

La peau et même certaines muqueuses, avec leurs cellules compactes et feutrées, peuvent mieux résister, mais çà et là, se trouvent des points faibles et tout désignés pour l'invasion. Telles sont, chez les Mammifères, les amygdales avec leurs cellules infiltrées et dissociées, telle est aussi, chez les Gastéropodes, la région où débouchent les glandes salivaires ; là les microbes se fixent, s'implantent et trouvent le milieu favorable à leur multiplication. C'est avec les cellules amiboïdes (leucocytes, etc.) qu'ils se trouvent immédiatement aux prises (fig. 136) et, pour peu que le microbe soit pathogène, on ne tarde pas à voir apparaître les inflammations locales et générales, conséquences de la victoire qu'il a remportée sur les éléments tissulaires.

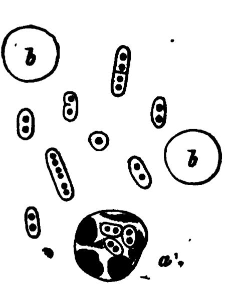


Fig. 136. — *a*, Leucocyte ayant englobé trois pneumocoques (microbes de la pneumonie) ; *b*, *b*, deux hématies permettant d'apprécier les dimensions des pneumocoques figurés auprès d'eux. (RINDFLEISCH).

Ce n'est pas seulement dans la guerre étrangère, contre les ennemis de l'extérieur, que les cellules doivent dépenser leurs forces. La guerre civile les provoque aussi souvent, car si l'harmonie semble s'affirmer par la régularité, le rythme et l'équilibre des grandes

fonctions de l'organisme, elle ne règne jamais dans l'intimité de celui-ci.

Les éléments y sont sans cesse en conflit, luttant de cellule à cellule et mettant en œuvre tous les avantages que peut leur conférer leur structure.

Naturellement ce sont les cellules amiboïdes qui se montrent encore ici les plus ardentes, attaquant leurs voisins, guettant en quelque sorte le moment où tel élément semblera s'affaiblir pour se jeter sur lui, hâter sa désorganisation et le dévorer.

M. Ranvier a montré que certaines cellules de la sérosité péritonéale sont ainsi destinées à servir de pâture aux éléments amiboïdes qui les mangent et les absorbent lentement. On peut même suivre les principales phases de cette singulière digestion, les réactifs permettant de retrouver dans le protoplasma de la cellule lymphatique les granulations caractéristiques de l'élément qui vient de lui servir de pâture.

On comprend que si l'action des cellules amiboïdes s'exerce simultanément sur de nombreux éléments agrégés en tissus, il puisse en résulter une véritable *histolyse*, car jamais terme ne fut mieux choisi.

En étudiant les phénomènes internes dont s'accompagnent les métamorphoses de divers Invertébrés (Insectes, Vers, etc.) on est souvent témoin du fait ; il a été très bien décrit par Kowalesky et Metchnikoff. On l'observe également chez les larves des Batraciens anoures.

Chacun sait que ces têtards sont caractérisés par une longue queue dont on ne trouvera plus trace à

l'état adulte et qui est essentiellement musculaire. Comment disparaissent ces muscles lors de la métamorphose ? Naguère encore on se contentait de dire qu'ils étaient « digérés par le liquide cavitaire » ; une telle assertion ne pouvait même pas masquer notre ignorance, car elle ne signifiait absolument rien.

C'est seulement dans ces dernières années qu'on a pu exactement interpréter ces phénomènes et l'on n'y est parvenu qu'en invoquant les notions de cellule et de vie cellulaire ; seules, elles permettent de descendre dans l'essence même de ces révolutions de l'organisme qui n'ont plus rien maintenant de mystérieux pour le biologiste.

En réalité, la disparition des muscles est déterminée par une véritable histolyse comparable à celle qui s'observe chez les Diptères, les Bryozoaires, etc. Dès que le faisceau musculaire commence à s'altérer, ce qui se reconnaît à la dissociation de sa gaîne et à l'écartement de ses fibres, on voit s'y multiplier d'innombrables phagocytes qui ne tardent pas à envahir sa masse et dévorent ses fibrilles en s'incorporant leurs débris, comme l'Amibe de Dujardin absorbe les grains de carmin qu'on met à sa portée. Souvent on voit ainsi un phagocyte emporter un fragment musculaire si volumineux que ses pseudopodes peuvent à peine le maintenir.

Rien de plus curieux que ces actes de phagocytose, rien aussi de plus instructif : les éléments amiboïdes, avec leur apparence de bêtes de proie, sont ici les plus précieux auxiliaires de l'évolution, comme ils sont ailleurs les facteurs essentiels de la nutrition. Tous les

actes, toutes les fonctions de la vie se confondent : dès que les muscles de la larve commencent à dégénérer, ils doivent promptement disparaître, non seulement pour réaliser une des phases otongéniques du Batracien, mais aussi pour ne pas encombrer son milieu intérieur de mille débris qui ne tarderaient pas à en vicier la composition.

Le rôle des phagocytes est même encore plus étendu et plus complexe : auxiliaires du développement en hâtant l'apparition de la forme adulte, agents d'assainissement en faisant disparaître les muscles condamnés, ils deviennent de puissants éléments d'assimilation, absorbant la substance contractile, la digérant et la transformant en matière alibile qu'ils iront charrier sur les points où elle sera nécessaire pour les besoins de l'organisme en voie de croissance et de métamorphose.

L'histologie zoologique permettrait aisément de multiplier ces exemples d'actes de phagocytose associés à des phénomènes d'histolyse. Bornons-nous aux précédents : ils montrent avec quelle acuité peut s'exercer la lutte pour l'existence entre ces cellules fédérées qui semblent jouir de la vie la plus fraternelle et qui, en réalité, n'attendent souvent que la moindre défaillance de l'élément voisin pour l'attaquer et l'anéantir; guerre incessante et inévitable qui est ici une condition de progrès et de prospérité pour l'organisme considéré dans son ensemble.

CHAPITRE VI

DURÉE DE LA VIE CELLULAIRE
RÉGRESSION CELLULAIRE
MORT DE LA CELLULE

Rien de plus variable que la durée de la vie cellulaire; d'une façon générale, elle est d'autant plus courte que l'élément fonctionne plus activement.

Certains éléments sont absolument éphémères : à peine nés, ils entrent en action, puis disparaissent presque aussitôt. Le fait est fréquent pour les cellules épithéliales; l'épithélium intestinal des Mammifères en fournit un excellent exemple.

On sait que cet épithélium joue un rôle actif dans l'absorption; telle est même l'activité qu'il doit alors déployer, qu'il ne tarde pas à disparaître épuisé et cédant la place à de jeunes cellules, destinées à remplacer

leurs aînées. Chacun connaît l'ingénieuse théorie de Kuss, qui attribuait spécialement à la bile le soin de provoquer la chute des vieilles cellules et la genèse des jeunes éléments, pour maintenir en état de constante intégrité histique l'atelier dans lequel s'effectue le laborieux travail de l'absorption intestinale.

Beaucoup d'épithéliums glandulaires se renouvellent aussi rapidement : les glandes dites salivaires des Gastéropodes permettent de le constater aisément.

A ces cellules fugaces on peut en opposer d'autres qui sont infiniment plus durables et semblent persister durant toute la vie de l'individu. Tel paraît être souvent le cas des éléments cartilagineux.

Mais, tôt ou tard, la cellule décline; sa jeunesse n'est plus qu'un souvenir, sa maturité est passée, la sénilité arrive et avec elle la décrépitude et la mort.

Celle-ci peut survenir par bien des processus : tantôt l'élément sera directement atteint dans sa texture et sa composition, tantôt il se trouvera frappé médiatement, subissant le contre-coup des perturbations du milieu intérieur. Ces deux cas méritent d'être examinés avec quelque attention.

Si l'élément est atteint en lui-même, son altération sera d'ordre anatomique ou d'ordre chimique : elle pourra dériver d'une modification survenue dans le protoplasma et le rendant inapte à exercer ses fonctions ; elle pourra se trouver provoquée par les produits mêmes de la cellule.

. L'élément ne succombe plus alors à une lésion de sa propre substance, il devient victime de son activité formatrice, frappé d'une véritable auto-infection.

Cette dernière peut reconnaître deux origines.

Le plus souvent, il y aura excès, surabondance de produits : la cellule ne parvenant pas à les consommer ou à les expulser assez promptement, sa vie se trouvera bientôt suspendue, puis abolie. Le fait est fréquent et s'observe d'un bout à l'autre de la série animale : le pathologiste le constate dans le rein du brightique, le zoologiste dans l'organe bojanien du Mollusque, etc.

Ailleurs, ce sera non plus la quantité, mais la qualité des produits qui tuera la cellule. Au lieu de former les substances qu'elle devait normalement préparer, elle élaborera d'autres principes (acides, éthers, etc.) qui agiront sur elle comme de véritables toxines.

Toutefois, les causes d'infection que l'élément histique peut récéler en lui paraissent secondaires quand on les compare à celles qui résident dans le milieu intérieur de l'organisme multicellulaire.

Baigné par un milieu cosmique dont la composition ne varie guère, l'Infusoire a surtout à lutter contre d'autres êtres vivants. Sans être exonérée de pareils combats, la cellule tissulaire doit constamment lutter pour se maintenir en équilibre avec le milieu qui l'entoure et dont la composition se modifie sans cesse.

Qu'est-ce, en effet, que ce milieu intérieur dans lequel elle doit vivre comme le Protozoaire vit dans l'eau ? Il représente l'ensemble des liquides de l'économie, grand

fleuve de la vie, charriant pêle-mêle alliés et ennemis.

Aussi le protoplasma de la cellule doit-il être sans cesse en activité pour compenser par ses propriétés physico-chimiques les variations du milieu ambiant. Mais ses forces sont limitées ; elles ne sauraient s'exercer au delà de limites restreintes, ni détruire l'effet de certains principes toxiques.

Un Mammifère est empoisonné par l'oxyde de carbone, la vie s'arrête dans l'association histique tout entière. Quelle en est la cause ? Baignées par le sang ainsi vicié, les cellules ont immédiatement perdu leurs propriétés ; la mort de l'ensemble succède à la mort des éléments premiers. Celle-ci s'est produite presque subitement, sans lésion anatomique, sans altération des cellules.

Il en va autrement si l'agent infectieux, transporté par le milieu intérieur, n'étend que secondairement son action sur les éléments entre lesquels il semble exercer une sorte de sélection, s'attaquant particulièrement à certains d'entre eux : telle semble être l'action du virus syphilitique, atteignant de préférence les éléments médullaires et provoquant l'apparition du tabes.

Les cellules du Métazoaire sont d'autant plus exposées à ces atteintes spéciales qu'elles remplissent des fonctions plus élevées. C'est ainsi que les éléments nerveux subissent immédiatement le contre-coup des altérations du milieu intérieur ou simplement même des retards qui peuvent être apportés à sa circulation : la thrombose et l'embolie des artères entraînent directe-

ment le ramollissement du territoire nerveux ainsi privé, même momentanément, de circulation.

On comprend quel sera dans ces divers cas l'effet de la sénescence : diminuant l'intensité vitale et les forces de la cellule, elle la placera dans les conditions les plus favorables à la réceptivité morbide et rendra sa perte inévitable.

Mais il est des circonstances où la cellule peut être attaquée et anéantie sans avoir atteint sa période de vieillesse, par exemple lorsqu'elle se trouve aux prises avec d'autres cellules-sœurs mieux armées, mieux appropriées aux conditions ambiantes, ou avec des cellules étrangères qui auront pénétré dans l'organisme en parasites et en adversaires.

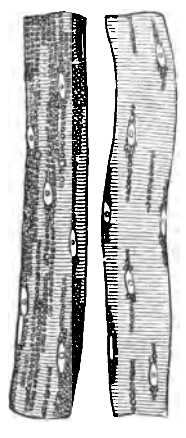
Le premier de ces processus s'observe lorsque des cellules hautement différenciées, comme les cellules nerveuses, se trouvent en lutte avec des éléments demeurés voisins de l'état initial (cellules amiboïdes, conjonctives, etc.). Le second se rapporte à l'invasion des parasites, spécialement des microbes, et représente l'une des voies par lesquelles la cellule sera le plus fréquemment atteinte (1). Dans tous les cas, elle ne saurait échapper à la mort.

Weismann avait pensé le contraire ; il avait même affirmé que divers Infusoires étaient immortels ; grossière erreur imputable à l'inexacte observation de certains phénomènes de reproduction. Partout la mort

(1) Duclaux, *loc. cit.*

apparaît comme la conséquence inéluctable de la vie.

Mais elle ne se manifeste pas toujours promptement. Il peut se faire que l'élément, atteint par une irritation naturelle ou artificielle, ne succombe pas de suite, subissant seulement alors une régression plus ou moins profonde. Il revient en arrière, reprenant ses caractères embryonnaires et revêtant des aspects et des attributs tout spéciaux. Comme l'exprime assez exactement Eternod : « D'un citoyen établi et ayant une pro- « fession fixe qu'il était, l'élément peut redevenir un



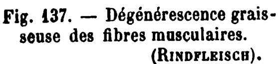


Fig. 137. — Dégénérescence graisseuse des fibres musculaires. (Rindfleisch).



Fig. 138. — Cellules subissant la dégénérescence pigmentaire : *a*, cellules observées au début de cette période ; *b*, vers sa terminaison ; *c*, détritus pigmentaire, dernier témoin des éléments ainsi détruits.

« personnage sans aveu, dangereux même pour l'éco- « nomie. »

C'est ce qui s'observe trop souvent, surtout pour les leucocytes et pour ces cellules conjonctives migratrices,

dont M. le professeur Ranvier montrait récemment le pouvoir pyogène (1). Au point de vue philosophique, n'est-il pas remarquable de voir que les éléments les plus voisins de la forme originelle, de l'Amibe, sont précisément ceux qui, chez les êtres supérieurs, deviennent, suivant les circonstances, les plus puissants agents de nutrition ou d'infection ?

Enfin, quel que soit le processus mis en œuvre, la mort arrive pour la cellule. Tantôt celle-ci disparaît brusquement entraînée, ainsi qu'on l'observe pour beaucoup d'éléments glandulaires ou pariétaux ; tantôt elle passe d'abord par une période de décadence et de décrépitude.

Son protoplasma se gonfle, se trouble, se charge de graisse (fig. 137), de cristaux ou de pigments (fig. 138) ; parfois, au contraire, il s'éclaircit pour devenir ensuite granuleux. La dégénérescence graisseuse demeure la plus fréquente, à moins que la cellule ne s'incruste pour se kératiniser, se calcifier (fig. 139), etc.

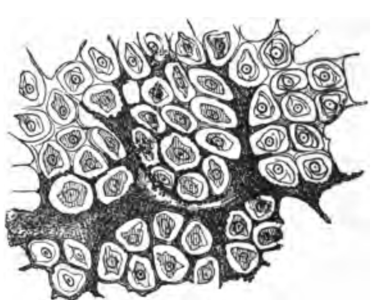


Fig. 139. — Infiltration calcaire de cellules cartilagineuses. (Rindfleisch.)

Le noyau disparaît en général durant cette période,

(1) Ranvier, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, avril 1891.

ou même avant. Si parfois il continue à s'y montrer assez apparent, le fait doit être regardé comme exceptionnel.

Quant à la membrane, elle offrira parfois une résistance particulière ; ce sera surtout lorsqu'elle sera nettement différenciée ou lorsqu'elle aura subi quelque incrustation spéciale, qu'elle pourra persister au delà du moment où les autres parties de la cellule auront disparu. On ne peut donc pas dire qu'elle leur survivra ; en réalité, sa vie est abolie et l'on ne doit plus y voir que le squelette, que la dépouille mortelle de la cellule. Celle-ci a succombé, léguant à ses descendants ses propriétés héréditaires.

CHAPITRE VII

ÉTUDE PRATIQUE DE LA CELLULE ANIMALE

Nous avons appris à connaître la cellule animale dans sa structure et dans ses diverses manifestations vitales, mais notre tâche n'est pas encore terminée. Il faut, en effet, que le lecteur puisse vérifier, par lui-même, les faits qui viennent d'être exposés, et nous devons lui en fournir les moyens.

Qu'on ne se méprenne pas sur l'objet de ce chapitre : il ne saurait aucunement représenter un abrégé de technique microscopique. Celle-ci est exposée magistralement dans le Traité de M. le professeur Ranvier, et c'est à cette source qu'on doit constamment puiser (1).

(1) Ranvier, *Traité technique d'Histologie,* 2e édition, 1889. — Voy. aussi : Mathias Duval, *La Technique microscopique et histologique.* — Bolles Lee et Henneguy, *Traité des méthodes techniques de l'Anatomie microscopique,* 1887. — Carnoy, *La Biologie cellulaire,* 1884. — Eternod, *Guide technique du laboratoire d'histologie,* 1886. — C. Vogt et Yung, *Traité d'Anatomie comparée,* 1888. — Couvreur, *Le Microscope et ses applications à l'étude des végétaux et des animaux*, Paris, 1888. — Ch. Robin, *Traité du microscope et des injections,* 2e édition, 1877, etc.

Notre seul désir est de tracer rapidement les principales règles applicables à l'étude de la cellule animale considérée en elle-même, indépendamment des tissus qu'elle concourt à former.

Ces conseils pratiques guideront les personnes peu familiarisées avec ce genre de recherches ; nous espérons qu'ils seront également utiles aux candidats à la Licence et à l'Agrégation, dont les épreuves comportent des préparations semblables à celles qui vont être dé crites.

1. — MICROSCOPES ET ACCESSOIRES

MICROSCOPES. — Pour l'étude de la cellule animale, il est indispensable d'avoir constamment à sa disposition un microscope simple et un microscope composé.

Microscope simple. — Peu usité en histologie humaine, le *microscope simple* est d'une grande utilité pour l'histologie zoologique. C'est avec cet instrument que se font les dissections nécessaires pour isoler un tube digestif d'Insecte, un ovaire de Nématode, etc.

Les constructeurs en offrent de différents modèles ; on préfère généralement ceux qui permettent à l'opérateur d'appuyer ses mains en suivant les mouvements de l'aiguille ou du scalpel sous les doublets du microscope simple.

Microscope composé. — Le *microscope composé*, ou microscope proprement dit (fig. 140 et 141), est trop

connu pour que nous ayons à le décrire ; on en dis-

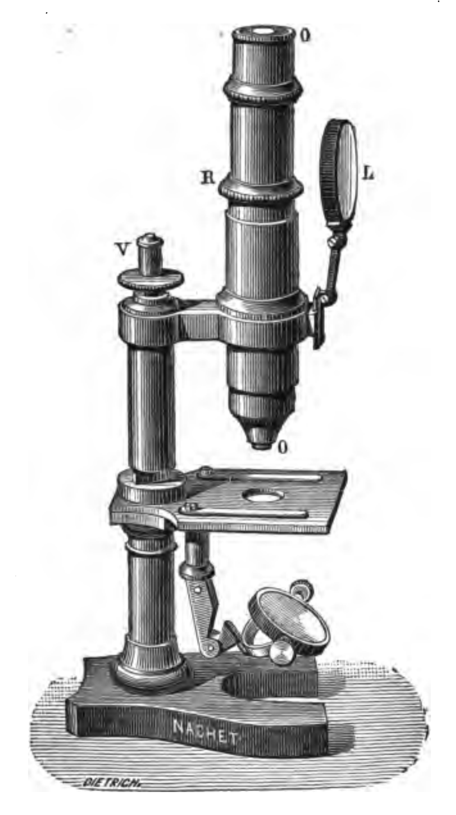


Fig. 140. — Microscope (Modèle Nachet).

tingue trois types : le grand modèle, le moyen modèle et le petit modèle.

Ils ne diffèrent que par des détails de construction et l'on peut poursuivre d'excellentes observations avec un microscope petit modèle.



Fig. 141. — Microscope (Modèle Vérick).

Toutefois, il est préférable de choisir un microscope moyen modèle, avec articulation permettant de l'incli-

ner (fig. 141). Le dessin micrographique s'en trouve notablement facilité. Il faut, en outre, que le microscope soit muni d'un bon système d'éclairage, tel que le système Abbe, assurant avec précision l'emploi des objectifs à immersion.

Pour la plupart des observations sur la cellule, des objectifs ordinaires donnant des grossissements de 300 à 500 diamètres sont suffisants ; mais, pour l'étude du noyau, les objectifs à immersion et à correction sont absolument nécessaires (fig. 142).

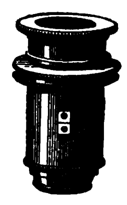


Fig. 142. — Objectif à immersion et à correction.

Accessoires du microscope. — Les accessoires réellement utiles sont les suivants :

1° Les *Micromètres*. — On sait qu'il en existe de deux sortes : le *Micromètre oculaire* et le *Micromètre objectif*. Le premier est très commode ; autant que possible on doit en munir le microscope. Il ne dispense d'ailleurs pas du micromètre objectif, qui est également d'un emploi fréquent.

2° La *Chambre claire* (fig. 143) est, en quelque sorte, inséparable du microscope. Il faut, dès le début, s'en servir pour dessiner les divers aspects de forme et de structure des cellules.

Plusieurs modèles se trouvent dans le commerce. On donnera la préférence à la chambre claire de Malassez.

3° La *Platine chauffante* de Ranvier est aussi de

toute nécessité ; elle permet nombre d'observations sur les Protozoaires, les leucocytes, etc.

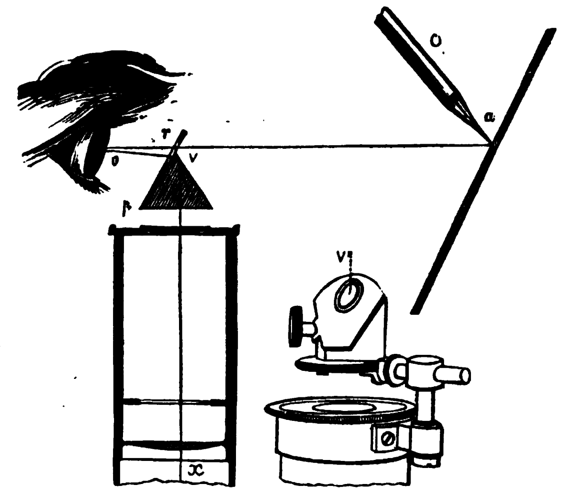


Fig. 143. — Chambre claire.

4° Les *Chambres humides* (fig. 144) et les *Chambres à gaz* présentent une égale importance, assurant l'étude des éléments dans des conditions voisines de celles qui leur sont imposées normalement.

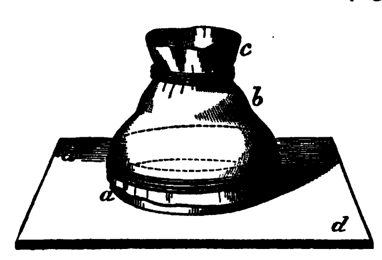


Fig. 144. — Chambre humide.

5° Le *Porte-objet électrique* se prête à des observations analogues à celles que nous mention-

nions à propos de la platine chauffante ; il permet d'instituer de très intéressantes expériences sur les Infusoires, les Amibes et les autres Protozoaires.

2. — INSTRUMENTS

LAMES ET LAMELLES. — Les lames porte-objet et les lamelles de recouvrement sont trop connues pour que

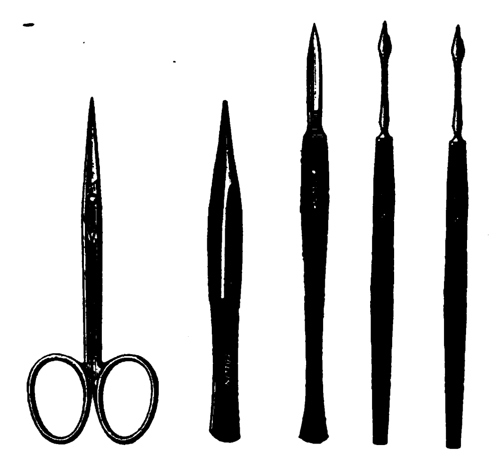


Fig. 145. — 1, Ciseaux ; 2, Pince ; 3, Scalpel ; 4, Aiguille lancéolée ou à cataracte ; 5, Aiguille à dilacérer.

nous insistions sur leur emploi et sur les conditions générales qu'elles doivent réaliser.

Les lames fournies par le commerce étant d'épaisseur

inégale, il est bon de les trier afin de réserver les plus minces pour les observations qui exigeront de forts grossissements.



Fig. 146. — Rasoir.

Scalpels. — On doit avoir des scalpels de différentes dimensions et surtout des scalpels très fins (fig. 145, 3).

Rasoirs. — Les rasoirs peuvent être évidés seulement sur une face ou sur les deux ; généralement on préfère les premiers ; mais avec quelque habitude on arrive à s'en servir indifféremment (fig. 146).

Une *pierre à repasser* doit toujours se trouver sur la table de travail ; on doit repasser à l'huile, non à la pierre sèche ou à l'eau.

Aiguilles. — Il faut avoir de nombreuses aiguilles, solidement emmanchées. Les aiguilles à cataracte sont fort utiles, remplaçant souvent les petits scalpels avec grand avantage (fig. 145, 4).

Ciseaux. — Des ciseaux droits et recourbés, de taille

variée, sont également nécessaires et doivent être tenus en parfait état, les pointes non émoussées.



Fig. 147. — Spatule à lever les coupes.

Pinces. — Ce qui vient d'être dit des ciseaux s'applique également aux pinces, dont on peut rapprocher la spatule à lever les coupes (fig. 147).

Microtomes. — Les microtomes de Ranvier (fig. 148), de Malassez, de Rivet (fig. 149), etc., sont de beaucoup les plus simples et les meilleurs. Nous n'avons d'ailleurs qu'à les mentionner ici, puisqu'il s'agit d'étudier la cellule isolément et non les tissus qu'elle constitue.



Fig. 148. — Microtome de Ranvier.

Pinceaux. — Les pinceaux rendent de nombreux services pour dégager les préparations de diverses impuretés, pour aider à laver une membrane, etc.

Seringues a injections. — Ces instruments sont surtout nécessaires dans les recherches histologiques proprement dites. Ils sont néanmoins fréquemment utiles

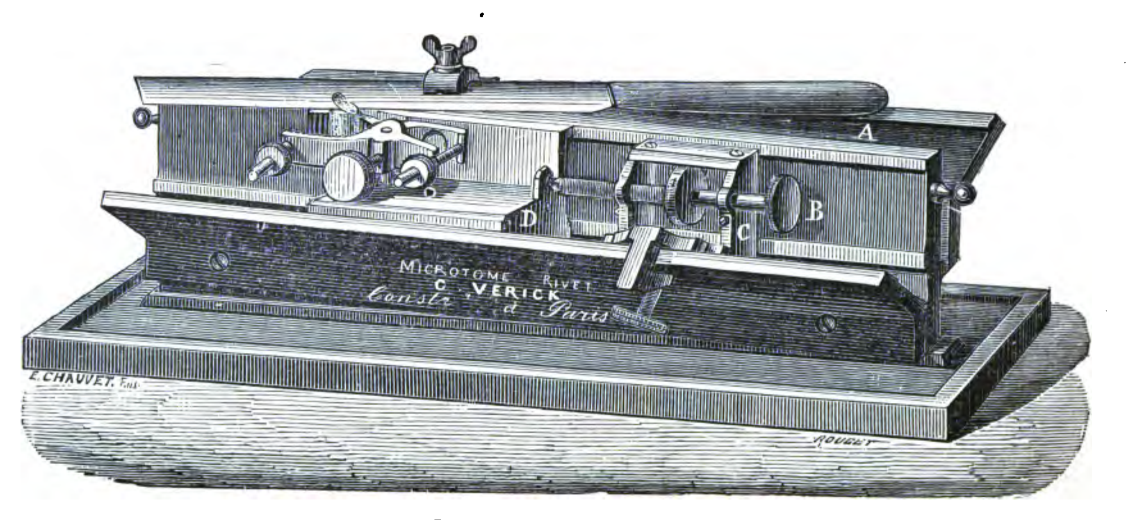


Fig. 149. — Microtome de Rivet.

pour l'étude de la cellule, soit que l'on ait à pratiquer des injections interstitielles, soit qu'il s'agisse simplement de laver, sous pression, une muqueuse, etc., dont on se propose de dissocier les cellules.

VERRERIE. — En outre des lames et des lamelles, les *pipettes*, *verres à expériences*, *tubes à essai*, *verres de montre*, *godets de porcelaine*, etc., sont d'un usage constant.

3. — RÉACTIFS

La liste des réactifs nécessaires aux recherches histologiques s'accroît chaque jour, aussi devons-nous simplement mentionner ceux qui seront particulièrement employés pour l'étude dont il s'agit ici.

EAU. — L'eau doit être distillée et d'une pureté absolue ; il est nécessaire de s'en assurer, sinon on s'expose à bien des insuccès, à bien des mécomptes dont on pourrait vainement chercher la cause.

ALCOOL. — L'alcool s'emploie à différents degrés : alcool à 90°, alcool à 95°, alcool absolu. Ce dernier sera conservé dans des flacons hermétiquement bouchés.

GLYCÉRINE. — Doit se trouver constamment sous la main de l'histologiste. Le mieux est de l'avoir dans un flacon à long bouchon de verre et à gouttière circulaire,

analogue à celui dont les bijoutiers se servent pour l'eau-forte des essais.

Éther, chloroforme. — D'un usage assez fréquent; les choisir bien purs.

Essences. — En outre de l'*essence de térébenthine*, on doit avoir de l'*essence de girofle, d'œillet, de thym*, etc.

Baume du Canada. — Très usité, mais de provenance variable; choisir le baume dont l'indice de réfraction est le plus voisin de celui du verre (Ranvier).

Collodion. — On sait quels services il rend en histotologie, surtout en appliquant la technique tracée par M. Mathias Duval. Le collodion ne doit pas être riciné.

Cire a cacheter, paraffine, bitume de judée. — Également indispensables, en raison des divers modes de fermeture et de montage des préparations.

Acides. — Le premier et le plus précieux des acides est l'*acide acétique*, si utile pour la recherche des noyaux, etc. Il doit être cristallisable.

Nous nous bornons à citer l'*acide azotique*, l'*acide chlorhydrique*, l'*acide sulfurique*, l'*acide tartrique*, l'*acide formique*, l'*acide picrique* et l'*acide phénique* pour arriver à deux acides d'une application journalière.

L'*acide chromique* ne doit être demandé au commerce qu'à l'état solide; l'histologiste en préparera lui-même une solution à 1/100e avec laquelle il aura

telle dilution appropriée au but spécial qu'il se propose d'atteindre.

C'est ainsi que la solution à 1/5000e sera employée comme véhicule « inoffensif » pour étudier la plupart des éléments ; à la dose de 1/2500e, l'acide chromique agira comme réactif isolant (macération de vingt-quatre à quarante-huit heures) ; au titre de 1/100e, ce sera un réactif altérant, propre à décalcifier les os. Enfin, si l'on plonge successivement la pièce dans des solutions à 1/1000e, puis 1/500e et 1/250e, elle y subira un durcissement graduel et complet.

L'acide chromique conserve et durcit particulièrement les tissus nerveux et les organes sensoriels. Mais il faut diviser les pièces en très petits fragments, que l'on suspend avec un fil dans la solution : celle-ci sera changée souvent, tous les deux ou trois jours.

L'*acide osmique* (plus exactement perosmique) est le fixateur par excellence. On le prépare surtout en solutions titrées à 1 pour 100 et à 2 pour 100. Ce réactif doit être manié avec précaution, les vapeurs d'acide osmique provoquant une vive irritation sur les muqueuses oculaires et respiratoires.

Alcalis. — L'*ammoniaque*, la *soude* et la *potasse* (en solution à 40 pour 100), sont les plus usités. Mentionnons également la *chaux* et la *baryte*, dont l'emploi est moins fréquent.

Substances salines. — Quelques solutions salines sont d'une application journalière.

La *solution aqueuse de chlorure de sodium* à 0,75 pour 100 est fort utile pour l'examen des cellules à l'état frais ou vivant. Elle représente alors un *sérum artificiel*. On doit la renouveler fréquemment.

Les *solutions de bichromates de potasse ou de soude* (de 2 à 5 pour 100) donnent de bons résultats, surtout pour le durcissement des centres nerveux.

La *liqueur de Muller* est d'un usage constant et doit être comptée parmi les réactifs les plus indispensables. Plusieurs formules ont été données ; on se trouve généralement bien de la suivante :

Eau	100
Bichromate de potasse. . . .	2
Sulfate de soude.	1

Cette liqueur peut servir comme dissociant ou comme durcissant. Dans le premier cas, son action ne doit durer que peu de temps et permet d'observer isolément les cellules des épithéliums, etc. — Comme durcissant, elle sera employée suivant les mêmes principes que l'acide chromique.

La *solution de chlorure d'or* est généralement titrée à 1 pour 100 et à 3 pour 100. — La conserver à l'abri de la lumière.

Nous aurons bientôt à indiquer l'emploi de la *solution de nitrate d'argent*, si utile pour étudier les contours des cellules. Elle doit être à 1 pour 100.

Le *chlorure double d'or et de potassium*, le *chlorure de palladium*, les *sels de cuivre*, *de fer*, etc., peuvent

être, dans certains cas, d'une réelle importance pour diverses études histologiques, mais ne sont pas indispensables pour les recherches qui nous occupent ici.

Matières colorantes. — Nous ne saurions énumérer toutes les matières colorantes introduites, si utilement, durant ces dernières années dans la technique micrographique. Pour l'observation de la cellule animale, il suffit de quelques-unes d'entre elles.

Le *carmin* doit être cité en première ligne; un histologiste réduit à n'avoir à sa disposition que de la glycérine, du carmin et de l'acide acétique, pourrait déjà recueillir d'intéressantes observations.

Mais, pour que le pouvoir électif du carmin se manifeste, il faut que cette matière colorante soit employée en solutions rigoureusement préparées. Les meilleures sont : le *carmin ammoniacal*, le *carmin aluné* et le *carmin picrique* ou *picro-carmin*. Leur préparation a été minutieusement exposée par M. Ranvier (1).

Le *vert de méthyle* est excellent pour l'étude du noyau, dont il colore en vert les filaments chromatiques. Il agit aussi comme un fixateur délicat ; on ne peut que s'associer à M. Carnoy pour le recommander, même aux débutants. On l'emploie en dilution aqueuse assez concentrée, à laquelle on ajoute souvent un ou deux volumes d'acide acétique.

La *vésuvine* ou *brun Bismarck* fournit également un bon colorant des noyaux. Pour l'avoir en solution dans

(1) Ranvier, *Traité technique d'Histologie* (2e édition, p. 83 et suiv.).

l'eau, on peut faire bouillir dans ce liquide, puis filtrer après un jour ou deux. — Souvent on obtient de bons résultats en faisant dissoudre dans :

Alcool à 90°.	10
Eau distillée.	90

Le *violet de méthylaniline,* le *safranine*, l'*éosine*, le *bleu de quinoléine* donnent de très belles colorations qui ne peuvent être que rappelées ici.

Iode. — On ne saurait clore la liste des réactifs chimiques sans y ajouter l'iode qui est indispensable, non seulement en raison de ses réactions spéciales, mais pour la préparation du *sérum iodé*, si utile en maintes circonstances.

4. — ÉTUDE GÉNÉRALE DE LA CELLULE

Voilà l'observateur complètement armé, muni des instruments et réactifs nécessaires ; comment devra-t-il procéder pour étudier la cellule animale?

Nous ne tarderons pas à lui indiquer les règles spéciales qu'il aura à suivre dans l'examen de tel type cellulaire donné, mais nous voudrions tout d'abord lui conseiller quelques exercices préliminaires, susceptibles de lui faire connaître la cellule en général, sans nécessiter l'intervention d'une technique compliquée.

Nombre de cellules peuvent être étudiées à l'état frais, souvent même à l'état vivant.

Les Protozoaires, les leucocytes, les hématies, les jeunes ovules, seront ainsi observés dans l'eau, dans l'eau salée, dans le liquide cavitaire de l'Écrevisse, dans un sérum artificiel, etc. On apprendra à se familiariser avec les différents aspects de la cellule; on cherchera à distinguer son noyau.

Certaines cellules agrégées en tissus pourront être examinées dans des conditions peu différentes. On enlève le tube digestif d'un Crustacé Isopode, etc.; on le fend avec un scalpel fin; puis, après avoir lavé à la pipette la muqueuse mise à nu, on la râcle doucement avec une aiguille à cataracte : les cellules se détachent, flottent dans le liquide de la préparation et peuvent dès lors être étudiées isolément.

Des préparations analogues seront effectuées avec les tubes testiculaires ou ovariens des Insectes.

Lorsqu'on fera intervenir les réactifs, le premier sera l'alcool au tiers (Ranvier) : on prend des fragments de muqueuse intestinale de Lapin, de 6 à 10 millimètres de côté; on les plonge dans 12 centimètres cubes d'alcool au tiers.

Après un séjour de six heures en moyenne, on trouve des lambeaux d'épithélium flottant dans le liquide; on les enlève avec une aiguille pour les placer avec une goutte de glycérine sur une lame; en s'aidant de deux aiguilles, on dissocie lentement le lambeau dans la glycérine, puis on recouvre d'une lamelle mince: les cellules apparaissent isolées et faciles à étudier.

L'application des réactifs colorants peut venir immé-

diatement s'associer aux opérations précédentes, complétant et précisant leurs résultats.

Après avoir retiré les fragments de l'alcool au tiers, on les place dans 7 centimètres cubes de picrocarmin.

Ils y séjournent de deux à quatre heures jusqu'à ce que la coloration semble suffisante; on les immerge avec précaution dans 12 centimètres cubes d'eau distillée. On les y laisse de cinq à sept minutes, pour les porter enfin sur la lame porte-objet, où l'on a préalablement déposé une goutte de glycérine étendue d'eau (1/5e environ). La préparation est recouverte d'une lamelle qu'on borde à la paraffine.

De telles préparations doivent être répétées sur les différents tissus empruntés aux types zoologiques les plus variés. C'est seulement en suivant cette méthode qu'on parviendra à se faire une idée exacte de la cellule animale considérée dans sa texture générale et dans ses principales modifications.

Les animaux inférieurs fournissent à cet égard des sujets d'étude aussi précieux que les Mammifères et aussi faciles à mettre en œuvre.

Les Spongiaires doivent même être particulièrement recommandés. La Spongille d'eau douce, si fréquente sur les estacades, les arches des ponts, les pontons, etc., de nos rivières, se prête à des observations semblables à celles qui viennent d'être décrites.

On fend le Spongiaire longitudinalement et on enlève un fragment de tissu mésodermique. Ce fragment est

divisé en petits segments de même volume que ceux dont il a été question plus haut pour la muqueuse intestinale. Ils sont également placés dans l'alcool au tiers.

On les porte ensuite soit dans le picrocarmin, soit dans le vert de méthyle, et l'on peut aisément distinguer, d'une part, le protoplasma somatique de la cellule et, d'autre part, le noyau de celle-ci. On examine ensuite un certain nombre d'éléments et l'on constate de nombreuses variations dans la forme et les dimensions du noyau, etc.

Si ces diverses observations ont été convenablement multipliées, si l'on a eu le soin de dessiner à la chambre claire les détails ainsi reconnus, on possédera déjà des notions étendues sur la constitution générale de la cellule et l'on pourra aborder utilement son étude spéciale.

5. — ÉTUDE SPÉCIALE DE LA CELLULE

A. PROTOZOAIRES

Amibes. — L'observation directe, à l'état vivant, permet d'observer le protoplasma granuleux et vacuolaire, ainsi que l'émission des pseudopodes.

Si l'on n'a pas réussi à distinguer le noyau, il suffit de faire pénétrer lentement une trace d'acide acétique entre la lame et la lamelle mince ou couvre-objet : les pseudopodes se contractent, les vacuoles s'atténuent ou

s'effacent, tandis que le noyau apparaît et s'affirme avec une grande netteté.

On arrive à fixer assez bien les Amibes en les traitant pendant un temps très court (deux à quatre minutes) par l'acide chromique.

Foraminifères. — Il est difficile d'étudier complètement les animaux vivants, plus difficile encore de les fixer et de les conserver avec leur aspect normal, leurs pseudopodes étalés.

On pratiquera l'observation directe dans un mélange composé de :

Glycérine.	1
Eau.	6

Comme méthodes de colorations, on peut employer le carmin et monter la préparation au baume de Canada.

Presque toujours on doit se borner à l'examen et à la conservation des coquilles.

Il faut les laver dans de l'alcool à 90 %, puis les immerger dans l'essence de girofle et monter au baume.

Héliozoaires. — L'observation des Héliozoaires (Actinosphéries, etc.), est également très délicate.

On obtient des résultats assez satisfaisants en les fixant par une goutte d'acide osmique à 1/100e puis en les portant successivement dans l'eau, l'alcool à 70° et l'alcool à 90°. On peut colorer au picrocarmin, laver par les alcools à 70°, 90° et absolu ; la préparation est éclaircie par l'essence de girofles et montée dans le baume.

Infusoires. — En examinant les Infusoires dans l'eau et en ayant soin d'éviter une compression trop marquée, on peut déjà acquérir une idée générale de leur constitution.

En faisant pénétrer sous la lamelle mince une goutte de solution de borax ou de potasse, on distingue l'origine des cils vibratiles, l'aspect grenu et strié de la cuticule, etc.

La solution aqueuse de vert de méthyle, additionnée d'acide acétique, met en évidence l'*endoplaste* et l'*endoplastule*. On constate que ces parties, si importantes au point de vue de la reproduction, offrent les réactions des noyaux cellulaires et peuvent être regardées comme représentant un appareil nucléaire dédoublé.

Nous savons, depuis les recherches simultanées de MM. Henneguy, Certes et Brandt, que les Infusoires vivants se colorent, continuant même à vivre durant un certain temps, dans les solutions faibles de plusieurs couleurs d'aniline (cyanine, brun Bismarck, violet dahlia, nigrosine, bleu de méthylène, etc.)

Le titre toujours très faible de ces solutions varie entre 1/10,000^{e} et 1/100,000^{e}.

On peut obtenir la double coloration des noyaux en vert et du protoplasma en violet par l'emploi simultané du violet dahlia et du malachit-grun.

Mais, d'autre part, il faut être prévenu que les noyaux se comportent très différemment suivant les espèces mises en expérience.

En général, il est nécessaire pour étudier l'organisation des Infusoires, de les fixer préalablement.

1. Une méthode très simple consiste à instiller une goutte d'alcool entre la lame porte-objet et la lamelle mince. On fait ensuite passer de l'eau, puis de la glycitère et de l'acide acétique. On peut ainsi observer parfaitement les noyaux.

2. Le procédé suivant est plus compliqué, mais plus constant dans ses résultats.

Ayant placé l'Infusoire ou les Infusoires dans une goutte d'eau, sur une lame porte-objet, on renverse celle-ci au-dessus d'une capsule ou d'un flacon à large ouverture contenant une solution d'acide osmique à 2/100.

On laisse agir quelques minutes ; les Infusoires sont tués et fixés. On recouvre d'une lamelle mince et on dépose sur ses bords une goutte de la solution suivante :

Eau	1
Glycérine	1
Solution de picrocarmin à 1/100e	1

On abandonne la préparation durant un ou deux jours, jusqu'au moment où l'on juge la coloration suffisante. On substitue, au moyen d'un lambeau de papier à filtrer, à la glycérine colorée, de la glycérine étendue d'un quart d'eau, puis on ferme la préparation.

Cette méthode est très sûre ; il faut seulement éviter de prolonger trop longtemps le contact des vapeurs osmiques.

B. MÉTAZOAIRES

CELLULES LIBRES OU FLOTTANT DANS UN LIQUIDE. — Nous avons déjà eu l'occasion d'insister, à maintes reprises, sur la constitution des liquides dits organiques, interstitiels, etc., qui représentent le milieu intérieur des Métazoaires ou animaux pluricellulaires.

Ces humeurs (lymphe, liquide cavitaire, sang, etc.) sont essentiellement formées d'un liquide ou plasma, souvent comparé à une substance intercellulaire dans laquelle flottent des éléments généralement amiboïdes (leucocytes, globules lymphatiques, etc.), plus rarement à forme définie (hématies).

Par leurs caractères, leurs propriétés, leur genre de vie, ces globules se rapprochent donc étroitement des Protozoaires.

De même que ceux-ci vivent dans l'eau, les globules vivent dans le milieu intérieur de l'organisme dont ils font partie ; les uns et les autres témoignent des mêmes propriétés et doivent être observés à l'aide de méthodes peu différentes (1).

Leucocytes, globules lymphatiques, etc. — En ponctionnant, dans l'intervalle de deux anneaux, l'abdomen d'une Écrevisse et en examinant une goutte du liquide

(1) Voy. Sappey, *Les éléments figurés du sang dans la série animale,* 1881.

cavitaire ainsi obtenu, on y découvre de nombreux corpuscules qui se comportent comme des Amibes.

Ils émettent des pseudopodes et leur forme change constamment. Leur protoplasma est granuleux ; quant au noyau, il n'apparaît que vaguement, avec un contour ovale. Mais si l'on fait agir l'acide acétique, le corpuscule s'arrondit par rétraction des pseudopodes et le noyau devient aussi apparent que le noyau de l'Amibe traité par ce réactif. De même, le noyau se colore fortement dans les solutions carminées. Inutile d'ajouter que l'acide osmique permet de fixer ces corpuscules ou globules de l'Écrevisse.

Le sang de l'Escargot se prête à des observations analogues ; les globules y revêtent successivement les aspects les plus bizarres. Rien de plus démonstratif qu'un dessin de ces éléments exécuté après leur fixation par l'acide osmique ; c'est alors qu'on juge de leur incroyable diversité d'aspect.

L'emploi d'un objectif à immersion est souvent nécessaire pour l'examen de leurs pseudopodes.

L'observation des leucocytes, ou cellules lymphatiques, etc., est également très intéressante chez les Echinodermes, en raison du pigment qui se forme dans leur protoplasma, et s'y développe parfois au point de masquer le noyau (1).

On voit souvent ces cellules se rapprocher et se

(1) Voy. pages 111 et 112 ; fig. 61.

grouper pour former des plasmodies plus ou moins étendues.

Les cellules lympathiques des Insectes peuvent présenter le même phénomène.

La lymphe des Vertébrés offre des corpuscules figurés dont l'étude n'est pas moins instructive.

Il convient de s'adresser de préférence aux Vertébrés à température variable, leur lymphe s'altérant moins rapidement, se montrant plus « résistante » que celle des Mammifères et des Oiseaux.

La Grenouille est un excellent type d'expérimentation. On doit la placer dans un bocal aux trois-quarts plein d'eau durant vingt-quatre heures, procédé qui augmente la quantité de lymphe contenue dans les sacs sous-cutanés.

Pour extraire la lymphe, on fait une petite incision entre les yeux, puis on y introduit une pipette en verre à tige fine. En aspirant légèrement, on obtient quelques gouttes de liquide.

On se hâte de faire des préparations de lymphe fraîche, en les bordant immédiatement à la paraffine ; il faut, en effet, prévenir de suite toute évaporation, toute altération.

De telles préparations permettent de recueillir de précieuses indications sur les leucocytes vivants.

Ces éléments se montrent d'abord contractés, à la suite des manipulations qui viennent de se succéder ; au bout de quelques instants, ils commencent leurs mouvements.

Ceux-ci s'esquissent lentement, puis ne tardent pas à s'accélérer.

Les pseudopodes apparaissent en nombre variable et sur des points différents, imprimant à l'élément des aspects aussi changeants que ceux dont on était témoin en suivant les évolutions des leucocytes de l'Écrevisse. Un dessin exécuté à la chambre claire, de deux minutes en deux minutes, l'établit avec la plus grande netteté.

On peut alors, parfois plus facilement que sur les Amibes proprement dits, mettre en évidence les attributs du protoplasma et ses propriétés vitales.

La motricité vient de se manifester clairement par l'émission des pseudopodes. De même la sensibilité : il suffit de chauffer délicatement pour voir les mouvements diminuer vers 38°; si l'on chauffait à 48°, ils ne tarderaient pas à s'arrêter.

Nous avons dit que l'Amibe et le leucocyte avaient des propriétés respiratoires identiques. On peut maintenant s'en convaincre aisément : quand l'on maintient les cellules lymphatiques durant plusieurs heures dans une préparation hermétiquement bordée, elles cessent de présenter aucun mouvement.

Mais, pour les faire revenir à la vie, il suffit de glisser la pointe d'un petit scalpel entre la lame et la lamelle : si l'expérience n'a pas été trop longtemps prolongée, le contact de l'air ranimera immédiatement les leucocytes.

On peut procéder autrement : en déposant la lamelle

mince sur une goutte de lymphe fraîche, on emprisonne quelques bulles d'air ; puis on borde à la paraffine ; au bout de deux ou trois heures, tous les leucocytes attirés par l'oxygène, se trouveront groupés autour des bulles d'air.

Quant à la préhension des corps étrangers, elle est facile à observer. On mêle à la lymphe de fines granulations de vermillon délayées dans de l'eau salée ; bientôt des pseudopodes s'avancent vers les granules colorés, les attirant dans la masse protoplasmique au sein de laquelle on peut suivre leurs déplacements. Il est bon, pour ces dernières observations, de faire jouer le miroir du microscope et d'atténuer l'éclairage.

L'étude directe, telle qu'elle vient d'être décrite, permet difficilement d'observer le noyau. Cependant, sa situation se trouve indiquée, dans l'expérience avec les grains de vermillon, par le fait que ces granules ne pénètrent pas dans la masse nucléaire, se déplaçant seulement dans le protoplasma somatique.

Pour mettre hors de doute l'existence du noyau, on fera agir l'acide acétique dont l'intervention donnera ici les mêmes résultats que sur l'Amibe : le noyau apparaît avec un contour absolument tranché et s'affirme nettement.

Toutefois, l'importance du noyau des leucocytes est telle, au double point de vue de ses variations morphographiques et de ses phénomènes de gemmation, qu'on ne saurait se borner à en constater la présence au moyen de l'acide acétique.

Il est indispensable d'appliquer la technique indiquée par M. le professeur Ranvier (1) : à une goutte de lymphe déposée sur la lame porte-objet, on ajoute une goutte d'alcool au tiers, puis une goutte d'une solution de sulfate de rosaniline dans l'alcool dilué. Le tout est mélangé avec la pointe d'une aiguille ; on borde ensuite à la paraffine.

Le noyau se montre alors sous les aspects les plus différents : cylindrique, pelotonné, enroulé sur lui-même, allongé en bissac ou en boulet ramé, moniliforme, etc. Il n'y a guère que les Spongiaires qui puissent, dans la série des Métazoaires, offrir une telle variété de formes nucléaires (2).

Les observations précédentes nous avaient montré comment se trouvent assurées pour le leucocyte les fonctions de relation (motricité, sensibilité) et de nutrition (préhension, circulation des aliments) ; comment s'accomplira sa reproduction ?

C'est par l'examen des préparations exécutées suivant la méthode de M. Ranvier qu'on peut répondre à cette question et combler la dernière lacune existant pour nous dans la biologie de la cellule lymphatique.

En examinant un certain nombre de leucocytes colorés comme il vient d'être dit, on arrive à y découvrir des noyaux en voie de bourgeonnement et de division ; si l'on corrobore cette observation par l'examen

(1) Ranvier, *Traité d'Histologie*, 2e éd., 1889, p. 135 et suiv.

(2) Joannes Chatin, *Contribution à l'étude du noyau chez les Spongiaires* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1890*).

des cellules étudiées fraîches et vivantes, on constate que la division de l'élément suit celle de son noyau et l'on assiste à toutes les phases d'une multiplication cellulaire. — Pour de telles recherches, la lymphe de l'Axolotl doit être préférée à celle de la Grenouille.

Les leucocytes renferment souvent des granulations glycogéniques; elles seront décelées par la solution aqueuse d'iode.

Enfin l'acide osmique permet de fixer instantanément les leucocytes avec leurs pseudopodes et leurs aspects souvent si bizarres. Rien de plus instructif qu'une série de préparations ainsi obtenues sur des leucocytes empruntés à divers types d'Invertébrés et de Vertébrés.

Hématies. — On désigne sous ce nom des cellules vivant dans des conditions analogues à celles des éléments précédents, mais possédant une forme définie et généralement une coloration spéciale.

Les hématies s'observent essentiellement chez les Vertébrés. On les a signalées chez divers Invertébrés, soit d'une façon constante (Sipunculiens, Pycnogonides), soit d'une façon accidentelle (divers Mollusques, Ascidies, Annélides, Echinodermes, etc.). A cet égard, une grande circonspection s'impose : des leucocytes plus ou moins colorés ont été fréquemment décrits comme des hématies et, parmi les éléments qui ont reçu cette dernière dénomination, il en est qui émettent visiblement des pseudopodes. C'est donc chez les Vertébrés qu'il convient d'étudier ce type histique.

Il s'y montre sous deux formes principales : discoïde comme chez l'Homme, elliptique comme chez la Grenouille.

Les hématies s'altèrant très promptement, on doit avoir une lame prête à recevoir la goutte de sang au moment où elle est extraite du corps de l'animal. On applique aussitôt la lamelle mince par-dessus.

Sur ces préparations, on étudiera la forme des hématies, leur coloration qui est jaunâtre et non pas rouge ; une légère pression mettra en évidence leur élasticité.

L'acide acétique décolore les hématies, décelant leur noyau quand il existe. — Le picrocarmin teinte ce noyau en rose.

Les hématies présentant une grande altérabilité, peuvent ainsi subir des modifications considérables dont il faut être prévenu. Elles induiraient en erreur le micrographe qui ne serait pas familiarisé au moins avec les principales d'entre elles.

Si l'on abandonne la préparation à elle-même, les globules se plissent et prennent un contour dentelé ou onduleux.

Sous l'action de la chaleur, ils semblent émettre des prolongements qui s'en séparent peu à peu.

Une solution concentrée de chlorure de sodium amène leur rétraction, tandis qu'ils se gonflent en présence d'une solution faible.

Lorsque l'hématie possède un noyau, comme chez les Vertébrés ovipares, on constate souvent qu'il offre une résistance toute spéciale. Le fait s'observe chez

les Oiseaux et chez divers Poissons : le sang desséché ne présente plus que des noyaux faciles à reconnaître, mais déformés si la dessication a été longtemps prolongée.

L'extrême altérabilité des hématies ne permet que difficilement de les examiner complètement, aussi a-t-on proposé plusieurs méthodes en vue d'y remédier. L'une des plus simples est due à Bizzorero et Torre : on fait dissoudre un peu de violet de méthyle dans une solution de sel marin à 0,75 0/0 et l'on s'en sert comme liquide additionnel. La forme des éléments est conservée et leurs noyaux se colorent avec intensité.

Cellules épithéliales. — Les épithéliums sont particulièrement intéressants pour l'étude de la cellule animale.

Rarement elle apparaîtra mieux sous l'aspect d'un élément défini dans sa forme, et pourtant susceptible de s'adapter aux rôles les plus divers.

Son évolution, l'on pourrait dire ses métamorphoses, sont ici des plus instructives, qu'on l'examine dans sa constitution, dans son fonctionnement général ou dans sa vie propre.

Sous le premier point de vue, on la voit tantôt nue et susceptible de passer à l'état amiboïde, tantôt limitée par un ectosarque ou par une vraie cuticule d'où peuvent dériver des plateaux, des crénelures, des ponts intercellulaires, des soies, etc. Le protoplasma se prolonge souvent au dehors sous l'aspect de cils vibratiles, tandis

qu'il peut former dans son intérieur des pigments, de la graisse, etc.

Le fonctionnement de l'élément semble impliquer parfois un apprentissage plus ou moins long, après lequel la cellule s'affirme suivant les cas, comme élément protecteur, défensif, sensoriel, glandulaire ; la liste de ses adaptations ne connaît plus d'autres limites que celles des exigences organiques.

Enfin, jamais on ne sera mieux placé pour étudier ce que l'on peut appeler la biographie cellulaire. Prenant l'élément à sa naissance, on le voit atteindre sa période de maturité caractérisée par le maximum de son activité fonctionnelle, puis la vieillesse arrive et enfin la mort. Inutile d'ajouter que la durée de la vie se montre des plus inégales : tel élément épithélial est éphémère, tel autre est des plus durables.

On comprend qu'un tel polymorphisme doive soustraire les épithéliums à une classification rigoureuse ; tous les cadres dans lesquels on s'efforce de les faire rentrer sont plus ou moins systématiques. Rien ne le démontre mieux que l'histologie zoologique : sur telle région, comme le manteau des Mollusques, elle observe les types épithéliaux les plus disparates.

En divisant ici les épithéliums en lamellaires, pavimenteux, cylindriques, prismatiques, etc., nous ne tentons pas de les répartir suivant un ordre réellement méthodique, nous cherchons surtout à apporter quelque clarté dans un exposé très chargé de détails.

Épithéliums lamellaires. — Cette forme d'épithéliums est souvent désignée sous le nom d'*endothéliums*, terme qui demanderait à être rigoureusement défini (1) et qui perdrait toute signification si on lui maintenait les diverses acceptions qu'il a reçues durant ces dernières années : dans certain traité d'anatomie comparée il est appliqué à l'épithélium des glandes en grappe !

L'épithélium lamellaire est formé de cellules extrêmement minces, tantôt rectilignes, tantôt sinueuses. Naguère encore on attachait une grande importance à la constatation de ces deux états et on en croyait pouvoir tirer d'importantes déductions. Les recherches de M. Ranvier sur la membrane lymphatique du sac œsophagien de la Grenouille ont ramené ce dimorphisme à son exacte valeur.

Les cellules lamellaires s'observent sur les séreuses, le cœur, les vaisseaux sanguins et lymphatiques des Vertébrés ; chez les Invertébrés, surtout chez les Mollusques, leur étude est particulièrement intéressante pour l'interprétation de certaines questions longtemps controversées (capillaires et lacunes).

L'examen de ce type épithélial doit être poursuivi à l'aide de la méthode des *imprégnations*. On désigne ainsi des colorations déterminées non plus comme dans la méthode des teintures, par l'absorption d'une matière colorante préexistant dans le réactif ; mais par la formation sur place, dans le tissu, d'un dépôt coloré.

(1) Voy. Malassez, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1892.

Ces dépôts sont presque toujours des métaux réduits de leurs sels solubles ; dans le cas actuel, c'est l'argent qui doit être employé.

Les imprégnations ainsi obtenues donnent des colorations très curieuses en raison de leur électivité : elles n'exercent leur action que sur les substances intercellulaires, respectant les cellules. Aussi a-t-on pu dire justement qu'elles étaient le contre-pied des teintures.

Le nitrate d'argent est le sel le plus usité. On l'emploie en solution à 1/100e ou 2/100e. On tend la membrane à imprégner sur un petit baquet de porcelaine ; on la lave avec une pipette remplie d'eau distillée, puis on l'arrose avec la solution de nitrate d'argent.

Pour obtenir des imprégnations très nettes, l'opération doit se faire au soleil ou à une lumière éclatante. Dès que le tissu blanchit et passe au gris noirâtre, on détache la membrane, on la lave à l'eau distillée et on la place sur la lame de verre. Elle est ensuite montée, d'après les procédés ordinaires, en préparation définitive.

Épithéliums pavimenteux. — Dans les épithéliums pavimenteux, les cellules sont encore aplaties, mais elles offrent une épaisseur fort appréciable, une forme sensiblement parallélipipédique, d'où leur comparaison avec des pavés microscopiques et le nom donné à cet épithélium.

Il peut être *simple* ou *composé*, c'est-à-dire compre-

nant une ou plusieurs assises de cellules ; sous l'un ou l'autre de ces aspects, l'épithélium pavimenteux est très répandu dans la série animale. La peau des Vertébrés, leur muqueuse buccale, le revêtement du disque des Méduses, etc., offrent d'excellents exemples, faciles à étudier. Il peut se modifier en vue d'adaptations spéciales, devenant cilié, sensoriel, etc.

La peau de la Grenouille fournit un bon sujet d'observation.

On se procure des lambeaux d'épithélium cutané, soit en frottant légèrement la peau du Batracien avec le dos d'un scalpel, soit en recueillant les petites pellicules cutanées qui flottent dans l'eau du bocal où vit l'animal. Dans les deux cas, il faut immédiatement laver les lambeaux en les plaçant sur un verre de montre avec de l'eau distillée.

Les éléments peuvent être examinés directement dans l'eau, l'eau salée ou la glycérine ; il est préférable de les colorer par le picrocarmin, en les plaçant dans un verre de montre avec une goutte de ce liquide qui agit comme fixateur et comme colorant.

Ces diverses préparations permettent de reconnaître que les cellules sont aplaties et polygonales, avec un noyau qui absorbe fortement le carmin. Elles se montrent régulièrement superposées, ce qui indique qu'elles appartiennent à un épithélium composé ou stratifié. Ça et là, le tissu cellulaire ainsi constitué se trouve interrompu par des pertuis foncés répondant aux orifices des glandes cutanées.

De préférence, on s'adresse à des larves ou à de

jeunes Grenouilles. Chez les adultes, l'épiderme est chargé de granules pigmentaires ou même de chromatophores qui en masquent souvent la réelle structure.

L'imprégnation au nitrate d'argent permet de délimiter nettement le contour des cellules. Quant à leur stratification, c'est surtout par la méthode des coupes qu'on peut exactement l'apprécier.

Épithéliums cylindriques ou prismatiques.—Formé par l'accolement de longues cellules s'élevant perpendiculairement au-dessus du tissu sous-jacent, comme les pieux d'une palissade, cet épithélium est extrêmement fréquent. Il se montre souvent associé au précédent, rappelant ainsi l'intime parenté qui unit tous les types épithéliaux.

L'épiderme ou épithélium cutané des Vertébrés, suffirait déjà à le démontrer, car, tandis que ses strates moyennes sont formées de cellules globuleuses ou pavimenteuses passant même supérieurement à la forme lamellaire, ses cellules basilaires sont presque toujours cylindriques ou prismatiques.

Chez certaines espèces, l'épiderme peut même revêtir l'aspect d'un épithélium véritablement polymorphe.

Le fait est très facile à constater chez la Lamproie : la couche basilaire, appliquée sur le derme, est cylindrique; puis viennent plusieurs assises de cellules polyédriques dont les formes varient dans de larges limites ; enfin la couche superficielle est formée de cellules courtes, cubiques, massives et à plateau strié.

C'est principalement sur la tête ou « museau » de la

Lamproie qu'il faut observer cet épiderme pour l'étudier aisément ; ailleurs, ses cellules se trouvent mêlées de glandes et de diverses formations qui rendraient plus difficile leur exacte interprétation.

Pour ce qui est des épithéliums prismatiques ou cylindriques proprement dits, l'histologie zoologique fournit d'innombrables sujets d'étude.

La muqueuse digestive de l'Escargot en est un très bon exemple, Si on l'examine à la hauteur du pharynx on la voit formée de cellules nettement prismatiques, allongées, avec un noyau ovalaire, situé vers le tiers supérieur de l'élément. Celui-ci peut être observé soit sur le frais, soit sur des fragments colorés directement par le picrocarmin, ou après fixation dans l'acide osmique (à 1/1,000^{e}) et macération dans l'alcool.

Pour juger des rapports des cellules et de l'aspect général de l'épithélium, il est indispensable de pratiquer des coupes. Pour les exécuter, on fait d'abord durcir le tube digestif dans une solution d'acide chrômique puis, après l'avoir inclus dans la paraffine, on pratique les coupes au microtome.

Régulièrement prismatiques sur la région pharyngienne, les cellules deviennent cylindriques ou fusiformes sur l'œsophage, puis assez irrégulières au niveau de l'estomac.

L'intestin des Vertébrés se prête également bien à l'examen de ce type épithélial.

On dissèque un intestin de Grenouille ; on râcle son revêtement interne et on le dilacère dans le picrocarmin ou le carmin aluné ; on reconnaît alors nettement la forme allongée des cellules et de leurs noyaux.

Le polymorphisme des éléments s'affirme aussi visiblement que chez le Mollusque.

L'épithélium cylindrique ou prismatique est susceptible de recevoir les mêmes adaptations que l'épithélium pavimenteux. Il se montre même encore plus fréquemment cilié, sensoriel, etc.

Pour s'en convaincre, il suffit d'étudier le revêtement épithélial du manteau des Gastéropodes ou la gouttière hypobranchiale des Ascidiens.

Quel que soit le procédé employé (râclage, macération naturelle, macération dans l'alcool au tiers, fixation par l'acide osmique, méthode des coupes, etc.), on sera frappé de la diversité des formes épithéliales et des différences fonctionnelles qu'elles expriment : cellules protectrices, cellules glandulaires, cellules ciliées, cellules sensorielles peuvent être ainsi successivement étudiées dans le revêtement palléal des Gastéropodes.

Sur la gouttière des Ascidiens, ces divers types histiques se trouvent sériés par groupes : à une région épithéliale ciliée, fait suite une région épithéliale cylindrique ; l'épithélium devient ensuite glandulaire, pour revêtir de nouveau la forme ciliée. L'épithélium glandulaire et l'épithélium cilié se succèdent alors régulièrement jusqu'à la terminaison de la gouttière où la der-

nière zône ciliée se modifie pour revêtir l'aspect flabellé : au lieu de porter une toison de cils vibratiles courts, les cellules épithéliales ne portent plus qu'un long flagellum.

Épithéliums spéciaux. — Les faits précédents permettent d'apprécier l'exacte valeur de la classe parfois admise sous le nom d'*Épithéliums spéciaux*, c'est-à-dire caractérisés par une fonction spéciale (sensorielle, glandulaire, sexuelle, etc.) En réalité tous les épithéliums peuvent se prêter à de semblables adaptations ; mais, au point de vue pratique, il est nécessaire de savoir comment préparer rapidement ces épithéliums, aussi leur consacrerons-nous quelques lignes.

Comme épithélium sensoriel, on peut étudier celui qui couronne le sommet du tentacule chez les Gastéropodes.

On procède d'abord par dissociation : la calotte apicilaire du tentacule ayant macéré pendant vingt-quatre heures dans le sérum iodé, on colore son revêtement épithélial par le picrocarmin ; on dilacère lentement, avec deux aiguilles, et l'on monte la préparation dans la glycérine.

On distingue alors deux sortes d'éléments : 1° des *cellules protectrices*, cylindriques ou prismatiques dans leur partie supérieure qui renferme le noyau, effilées et irrégulières dans leur partie inférieure ; ces cellules sont souvent pigmentées et brunâtres ; 2° des *cellules sensorielles* ou excitables, répondant au type dit

« bacillaire » : l'élément présente une région moyenne ou somatique, de forme ovoïde, renfermant le noyau ; puis, aux deux pôles de l'ovoïde, émerge un filament grêle et parfois variqueux. Le filament qui gagne le niveau libre de l'épiderme porte le nom de filament périphérique et reçoit l'excitation ; celle-ci est transmise par le filament opposé, ou filament central, à la fibre nerveuse qui vient se mettre en rapport avec l'élément sensoriel.

Pour juger des relations de ce dernier avec les éléments ambiants, on pratiquera de minces coupes longitudinales du tentacule après traitement par le chlorure d'or employé seul ou combiné avec l'action du jus de citron.

Il est intéressant de rapprocher les résultats obtenus dans une semblable série d'observations poursuivies comparativement chez quelques types vulgaires comme l'Escargot, la Limace, la Testacelle, le Cyclostome, etc. On peut alors fort bien juger des variations secondaires des éléments épithéliaux, soit protecteurs, soit sensoriels.

A propos de ces derniers, on ne doit pas oublier que s'ils offrent généralement une forme bacillaire ou bipôlaire, celle-ci ne saurait aucunement les caractériser. Elle s'observe, en effet, sur des éléments tout différents et qui n'ont rien de sensoriel, par exemple sur certaines cellules intestinales des Myriapodes, ainsi que M. Balbiani l'a parfaitement montré.

Les *Epithéliums glandulaires* s'étudient aisément.

révélant un polymorphisme des plus étendus dans leurs cellules qui peuvent être cubiques, pavimenteuses, cylindriques ou prismatiques, parfois ciliées.

Lorsqu'il s'adresse à des glandes conglomérées et volumineuses, ou simplement même multicellulaires, le débutant éprouve d'assez grandes difficultés pour étudier la cellule glandulaire prise isolément. La rapidité avec laquelle s'y forme le produit de secrétion, l'activité générale de l'organe, la présence de divers éléments accessoires (conjonctifs, musculaires, nerveux, vasculaires), compliquent singulièrement l'observation.

Au contraire, celle-ci devient des plus simples lorsque l'on examine des glandes monocellulaires, surtout quand on les emprunte à des Invertébrés.

Il existe ainsi chez la Sangsue, sur la muqueuse pharyngienne, de petits amas blanchâtres décrits depuis longtemps comme des organes secrétoires. Ces formations sont composées de glandes monocellulaires faciles à observer par dissociation, soit immédiatement, soit après coloration au picrocarmin.

Chaque glande apparaît sous l'aspect d'une cellule ovoïde avec un long canal excréteur. Quelquefois le même canal est commun à deux ou trois cellules ; on assiste alors au passage de la glande monocellulaire à la glande pluricellulaire.

L'*Epithélium génital ou sexuel* n'est qu'une forme fonctionnelle de l'épithélium glandulaire considéré en général. L'histologie zoologique en offre de nombreux témoignages ; pour s'en convaincre, il suffit d'exami-

ner un Mollusque Lamellibranche des plus vulgaires, l'Anodonte.

Chez ce type, les sexes sont séparés, mais le testicule et l'ovaire se ressemblent étroitement. Tous deux apparaissent sur les coupes, comme de véritables glandes en grappes. Chaque lobule se montre formé par de petites cellules épithéliales à contour irrégulier et à noyau assez volumineux. Puis, lorsque la période d'activité commence pour l'organe, certains de ces éléments croissent rapidement et subissent une différenciation spéciale pour devenir soit des ovules, soit des cellules spermatiques.

CELLULES CONJONCTIVES, ADIPEUSES, CARTILAGINEUSES, OSSEUSES, ETC. — Les cellules qui se trouvent réunies ici présentent ce caractère commun de se trouver, en général assez promptement, séparées par une substance intercellulaire (fort inexactement désignée parfois sous le nom de substance fondamentale), substance qui se montre susceptible de subir les différenciations, imprégnations ou incrustations les plus diverses.

Il en résulte la formation de tissus qui, observés à leur état de complet développement, semblent très différents, tandis qu'ils se trouvent unis par une étroite parenté originelle. L'histologie a donc pu justement rapprocher dans un même groupe le tissu gélatineux de l'ombrelle des Méduses, le tissu élastique des disques intervertébraux, le tissu cartilagineux, le tissu osseux, etc.

C'est surtout par l'examen de leurs éléments constitutifs que se révèlent leurs intimes affinités ; aussi l'étude pratique de la cellule animale ouvre-t-elle ici des horizons qu'on ne soupçonnerait guère si l'on se bornait à lire l'aride description des tissus qui viennent d'être énumérés.

Cellules conionctives. — Pour apprendre à bien connaître la cellule conjonctive proprement dite, point de départ et lien commun de tous les éléments qui seront étudiés à sa suite, il faut d'abord l'examiner dans cette forme tissulaire décrite sous le nom de « tissu gélatineux » et, parfois aussi, sous la dénomination fort impropre de « tissu muqueux ».

Jamais le critère fondamental de tous les tissus dits de la substance conjonctive, ne s'affirme plus nettement que dans ce tissu formé de cellules rondes, rameuses ou étoilées qui se montrent éparses ou reliées par de fins prolongements, au sein d'une abondante matière intercellulaire. Tantôt cette matière est amorphe et gorgée d'eau, tantôt elle tend à s'indurer et à devenir localement fibreuse, premier indice des différenciations dont elle sera le siège dans d'autres tissus qu'elle modifiera profondément.

Où chercher une telle forme histique? Bien qu'elle ne soit pas des plus répandues, on l'observe cependant aux deux pôles de la série des Métazoaires, si tant est qu'on puisse se servir d'une telle expression : l'ombrelle des Méduses et le cordon placentaire (gelée

de Wharton) des Mammifères se prêtent également bien à son étude.

On réussit à entrevoir la forme des éléments, épars dans la substance fondamentale ou conjonctive, en dilacérant de petits lambeaux tissulaires dans la solution de chlorure de sodium ; mais pour les bien distinguer, il faut les colorer par le picrocarmin ou le vert de méthyle ; en ajoutant une trace d'acide acétique, les noyaux des éléments apparaissent aussitôt.

Quant aux prolongements anastomotiques par lesquels les cellules se trouvent souvent reliées entre elles, leur constatation est plus délicate.

Pour les distinguer et les suivre, il faut pratiquer une injection interstitielle d'acide osmique en solution faible. Non seulement on peut alors observer les prolongements des cellules, mais on arrive à reconnaître entre ces dernières une remarquable diversité de formes : cellules rondes, cellules polygonales, cellules ramifiées, etc.

Les pièces qui ont subi l'injection d'acide osmique sont ensuite montées dans la glycérine picrocarminée ; elles permettent alors d'apprécier complètement la constitution des éléments.

Ceux-ci sont moins faciles à observer dans le « tissu conjonctif » proprement dit des Métazoaires. La cause en est aux différenciations subies par la substance intercellulaire et caractérisant les tissus « fibreux, réticulés, élastiques, etc. »

Pour y distinguer les cellules, il faut s'adresser de préférence à une forme tissulaire peu dense, telle que le tissu conjonctif sous-cutané et pratiquer une injection interstitielle de nitrate d'argent à 1 pour 1,000. Une coupe de l'œdème ainsi produit est portée sur la lame de verre avec une goutte de picrocarmin : on recouvre d'une lamelle et l'on place la préparation dans la chambre humide pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps une goutte de glycérine est déposée sur le bord de la lamelle et se mêle au picrocarmin.

En outre des faisceaux et des fibres, on y voit, sous forme de plaques rouges, des cellules conjonctives avec leurs prolongements anastomotiques. Elles sont si minces que l'intervention du réactif colorant est indispensable, sinon les éléments échapperaient à l'observateur.

Cellules adipeuses. — Il est un cas dans lequel la cellule conjonctive peut aisément se distinguer, c'est lorsqu'elle est chargée de graisse. Telle est la fréquence de cette modification qu'elle caractérise un tissu des plus répandus, le tissu adipeux, ainsi formé de cellules gorgées de graisse et séparées par une substance intercellulaire d'abondance variable.

Rien de plus facile que de se procurer du tissu adipeux ; toutefois l'étude particulière de ses cellules est rendue délicate par ce fait qu'on se trouve sans cesse exposé à confondre les éléments avec les gouttelettes graisseuses que leur rupture met en liberté.

L'acide osmique fournit à cet égard des préparations très démonstratives, mais il entraîne l'application d'une technique assez compliquée. On peut lui substituer la suivante qui est beaucoup plus simple.

Un fragment de tissu adipeux est placé dans un petit cristallisoir avec du picrocarmin concentré. Après cette macération, qui peut durer quatre heures en moyenne, on lave à plusieurs reprises le fragment avec de l'eau distillée. On le porte ensuite sur une lame de verre où l'on a, préalablement, déposé une goutte de glycérine acidifiée avec une trace d'acide acétique ; puis on dilacère lentement avec deux aiguilles. On distingue alors le contour des cellules et leur noyau. Ce dernier se trouve sur l'un des côtés de l'élément, comme refoulé par la graisse qui distend la cellule.

En outre, cette dernière possède une membrane d'enveloppe dont on peut démontrer l'existence par un procédé des plus rapides : on plonge dans l'éther un très petit fragment de tissu adipeux et on l'y laisse pendant vingt-quatre heures ; la graisse est alors dissoute et l'on distingue la membrane cellulaire revenue sur elle-même et formant des plis.

Une excellente méthode, due à M. Ranvier, permet d'opérer la synthèse des observations précédentes, montrant tout ce qui constitue la cellule adipeuse.

Sur un animal que l'on vient de tuer, un chien, par exemple, on détache un fragment de peau muni du tissu cellulo-adipeux, et tandis qu'il est encore chaud, on y pratique une injection interstitielle avec une solu-

tion de nitrate d'argent à 1 pour 1,000. Une mince tranche de la boule d'œdème, enlevée avec des ciseaux courbes, portée sur la lame de verre et recouverte de la lamelle, montre les cellules adipeuses sous l'aspect suivant :

Leur forme est celle d'un utricule limité par une membrane à double contour.

La graisse, reconnaissable à sa réfringence, n'occupe qu'une portion de la cavité ; le reste est rempli d'un liquide séreux ; en un point se trouve le noyau vésiculaire.

On peut dès lors interpréter exactement la constitution de la cellule adipeuse : le protoplasma forme une lame plus ou moins mince, doublant intérieurement la membrane d'enveloppe et contenant d'autre part le noyau. Quant au milieu de la cellule, il est occupé par la graisse qu'une zone liquide sépare du protoplasma.

Si nous avons insisté avec des développements spéciaux sur la cellule adipeuse, c'est qu'elle offre un double intérêt pour le débutant : il est exposé à la rencontrer fort souvent et doit la bien connaître ; d'autre part, il trouve en elle un excellent type de cellule complète, telle que l'admettaient les premiers histologistes. Membrane, corps, noyau, produits, rien n'y manque.

Cellules cartilagineuses. — S'il s'agissait d'étudier au point de vue de leur structure comparative les tissus dits de la substance conjonctive, rien ne serait plus facile que d'établir l'intime parenté qui unit le

tissu cartilagineux aux tissus conjonctifs qui viennent d'être mentionnés; mais tel n'est pas le but que nous poursuivons ici. Nous devons simplement indiquer comment on peut y déceler l'existence des éléments cellulaires.

Il est un type de cartilage qui offre à cet égard un intérêt tout spécial, c'est le cartilage qui forme la capsule crânienne des Céphalopodes.

On pratique dans ce cartilage des coupes au rasoir et on les place pendant une heure ou deux dans le picrocarminate à 1 pour 100; on monte ensuite dans la glycérine la préparation qui montre de magnifiques cellules ramifiées, s'anastomosant entre elles, de manière à constituer un vrai réseau (1). Il suffit de considérer ces éléments, pour voir immédiatement se révéler une évidente parenté entre le tissu gélatineux et le tissu cartilagineux d'une part, le tissu osseux et le tissu cartilagineux d'un autre côté. On peut présenter ce type de cellules cartilagineuses ramifiées comme fournissant la plus éclatante démonstration des liens qui rapprochent ces différentes espèces de tissus.

Pour les cartilages des Vertébrés et spécialement pour les cartilages « hyalins », l'observation des cellules est facile, même sans réactifs. Une coupe de cartilage, opérée au rasoir, est rapidement portée sur la lame, recouverte de la lamelle et scellée à la paraffine. Le cartilage, ainsi plongé dans son propre plasma,

(1) Ranvier, *Traité technique d'histologie*, 2e éd., p. 242, 1889.

montre alors ses cellules au moins sur certains points de la préparation, Ces cellules sont formées par une masse de protoplasma et un noyau; chacune d'elles remplit la capsule qui la contient.

Cellules osseuses. — Il est assez difficile d'étudier les véritables *Cellules osseuses*, qu'on ne doit pas confondre avec les formations décrites sous ce nom par Virchow, et qui ne représentaient, en réalité, que les « corpuscules osseux ».

C'est dans l'intérieur de ceux-ci que se trouvent les cellules osseuses proprement dites. Pour les y découvrir, il faut décalcifier les os frais par les acides et y pratiquer des coupes avec le rasoir.

Plusieurs acides peuvent être employés. Un mélange d'acide chlorhydrique et d'eau, à parties égales, opère rapidement, souvent même avec une intensité trop vive. L'acide chromique est préférable, il agit lentement, mais efficacement, à condition de ne prendre que des fragments osseux de quatre millimètres environ de côté.

C'est également sur de très petites pièces qu'il faut expérimenter avec l'acide picrique concentré dont les effets sont d'ailleurs assez inconstants.

On reconnaît que la décalcification est complète lorsque les fragments osseux sont flexibles et ne résistent plus au scalpel.

Ils sont montés dans la moëlle de sureau, puis débités en coupes très minces.

Celles-ci sont placées dans l'eau; ensuite, on les colore soit dans une solution de carmin neutre ou de picro-carmin, soit dans une solution d'acétate de rosaniline dans l'acide acétique, ou mieux encore, par l'hématoxyline et la purpurine. Enfin, les pièces sont lavées à l'eau distillée et montées définitivement.

Sur les préparations ainsi exécutées on distingue, au milieu des figures anguleuses qui répondent aux corpuscules osseux, des noyaux ovalaires et fortement colorés. Ces noyaux ne sont pas libres dans le corpuscule; ils sont entourés d'une couche de protoplasma, moulée sur la paroi du corpuscule et représentant le corps de la cellule.

D'après les recherches récentes de M. Zachariadès, les cellules osseuses posséderaient une membrane. En outre, elles émettraient des prolongements s'anastomosant entre eux et avec les prolongements d'autres cellules voisines ou même très éloignées, le tout formant un réseau de nature protoplasmique (1).

Ces résultats sont fort intéressants et l'on ne peut s'empêcher d'être frappé de la remarquable similitude qui se manifeste entre les éléments osseux ainsi constitués et les cellules ramifiées du cartilage des Céphalopodes ou du tissu gélatineux des Méduses. La parenté des divers tissus de la substance conjonctive, s'affirme donc de la façon la plus éclatante.

(1) Zachariadès, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, pp. 245 et 247, 1889.

Cellules musculaires. — Notre but étant simplement de rechercher comment on doit examiner la cellule musculaire, nous nous bornerons à considérer les éléments contractiles qui s'éloignent relativement le moins de la forme cellulaire initiale, c'est-à-dire les fibres lisses. Les fibres striées sont également d'origine cellulaire, mais elles dérivent de modifications profondes, qui ne sont pas toujours identiques et dont l'exposé ne saurait trouver place ici.

C'est chez les Nématodes de petite taille, spécialement chez les Anguillules, comme l'*Heterodera Schachtii*, que les éléments musculaires lisses se montrent sous la forme la plus simple (1). En outre, ils ne sont pas aussi étroitement unis que dans la plupart des autres types zoologiques et l'on peut les isoler, soit au moyen de solutions alcalines faibles, soit en chauffant légèrement la préparation.

Ils apparaissent alors comme des cellules fusiformes à contenu finement granuleux et à noyau très visible.

Les Nématodes de grande taille, comme les Ascarides, sont moins favorables à ces recherches : les éléments musculaires y sont plus volumineux, mais de forme irrégulière et fortement soudés entre eux ou étroitement unis au tégument.

On peut facilement étudier les éléments musculaires sur les Etoiles de Mer où ils se montrent sous

(1) Voy. Fig. 30, p. 62.

une forme assez simple. La cellule musculaire représente une cellule embryonnaire très allongée, fusiforme, avec un gros noyau et de rares granulations. La macération suffit souvent à l'isoler. En fixant la préparation par l'acide picrique, la fibre musculaire prend bientôt une teinte jaune qui permet de la distinguer nettement.

Chez les Gastéropodes, comme l'Escargot, les éléments musculaires sont encore fusiformes et allongés. Leur noyau est de dimensions variables. Pour les isoler, il faut faire macérer des fragments de muscle, pendant plusieurs jours, dans une solution d'acide chrômique à 1/2,000e.

Les muscles lisses des Vertébrés pourront être utilement étudiés, lorsqu'on aura ainsi appris à connaître l'élément sous sa forme la plus simple. L'intestin et l'estomac de la Grenouille fournissent d'excellents matériaux d'observation.

Les éléments musculaires se trouvant intimement unis par une substance cimentante, il faut les traiter par des réactifs qui puissent les isoler sans les déformer. Les solutions de bichromate de potassse ou d'ammoniaque à 1 pour 1,000 permettent assez bien d'atteindre ce but et l'on peut alors constater des détails qui se trouvaient déjà ébauchés dans les cellules musculaires de l'Escargot, mais qui s'accentuent notablement chez le Vertébré.

Considérées à l'extérieur, les cellules musculaires se

montrent renflées en leur milieu, effilées à leurs extrémités ; elles sont donc fusiformes. Cet aspect n'est toutefois pas constant : certains éléments sont aplatis et rubanés ; souvent l'une des extrémités et même les deux sont bifurquées.

Au point de vue de leur constitution, les cellules musculaires sont composées d'une substance réfringente qui paraît homogène ; mais l'action de l'acide azotique, de l'alcool, etc., y décèle une structure nettement fibrillaire.

C'est généralement vers le milieu de l'élément que se voit le noyau, ovoïde et allongé. Une zône de protoplasma granuleux le sépare de la substance contractile représentée par les fibrilles.

La cellule musculaire semble limitée par sa propre substance, sans posséder de membrane d'enveloppe. Les divers réactifs sont impuissants à en faire apparaître la moindre trace.

Cellules nerveuses. — Pour prendre une idée générale de la cellule nerveuse, on peut d'abord l'examiner chez l'Ecrevisse.

On enlève un ganglion de la chaîne nerveuse ; on la dilacère dans le picrocarmin, puis on monte dans la glycérine la préparation.

Elle montre les cellules constituées par un corps protoplasmique d'où émanent des prolongements et qui renferme un noyau toujours apparent. Souvent même ce noyau acquiert de grandes dimensions et semble

vouloir envahir tout l'élément qui passe ainsi à la forme myélocyte. Tous les états intermédiaires s'observent entre ce type et la cellule nerveuse normale, telle qu'elle vient d'être décrite (1).

Si l'on veut étudier de même les cellules nerveuses des Vertébrés, la méthode suivante permet de les isoler facilement.

Avec des ciseaux courbes, on enlève, sur un cerveau frais de Lapin ou de Mouton, de petits fragments de substance grise qu'on laisse macérer durant vingt ou trente heures dans un mélange composé de :

Eau distillée.	200 gr.
Alcool à 90°	95

Au bout de ce temps, on place les fragments dans un flacon à large ouverture rempli aux trois quarts d'eau distillée ; on agite assez fortement, puis on porte les pièces dans du carmin ammoniacal étendu d'un cinquième d'eau. On laisse macérer un quart d'heure ou une demi-heure ; on dilacère après avoir ajouté quelques gouttes d'acide acétique et l'on monte dans la glycérine. — Cette méthode met les noyaux en évidence et se prête particulièrement à l'étude générale de la cellule nerveuse.

Toutefois, pour apprécier exactement les caractères

(1) Joannes Chatin, *Sur les myélocytes des Invertébrés* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1888),

de cet élément, on doit recourir à des procédés plus précis.

Il en est un qui donne d'excellents résultats pour l'écorce grise du cerveau des Mammifères. Nous le devons à Golgi.

On durcit l'écorce cérébrale dans le liquide de Muller ou dans une solution de bichromate de potasse dont on augmente graduellement la concentration de 1 pour 100 à 2,5 pour 100 ; il faut pour cela quinze à vingt jours, mais il vaut mieux prolonger le traitement jusqu'à vingt ou trente jours. Mettre les pièces durcies directement dans une solution de sublimé corrosif de 0,25 à 50 pour 100 ; renouveler cette solution tous les jours pendant huit à dix jours. Faire des coupes et bien laver à l'eau avant de monter au baume. Il n'est pas nécessaire de colorer, les tissus étant imprégnés par le mercure ; ils paraissent blancs à la lumière réfléchie, noirs à la lumière transmise. Les éléments mis en évidence par ce procédé sont :

1° Les cellules nerveuses et leurs prolongements qui s'affirment nettement ;

2° Les cellules du tissu conjonctif avec leurs prolongements rayonnants ;

3° Les vaisseaux.

Pour les cellules ganglionnaires des Vertébrés, le procédé de M. Ranvier est depuis longtemps classique et permet d'étudier non seulement la structure de la cellule, mais ses rapports avec les fibres nerveuses, rapports si importants.

Sur une Raie vivante ou qui vient d'être sacrifiée, on dégage quelques ganglions spinaux et l'on y fait une injection interstitielle d'acide osmique à 1 pour 100. Les ganglions ainsi injectés sont enlevés et placés dans du sérum iodé. C'est dans ce dernier réactif que l'on poursuit la dissociation au moyen des aiguilles et que l'examen doit être pratiqué.

Nous conseillons au débutant de s'attacher à ces méthodes et de s'habituer immédiatement à suivre une technique rigoureuse. Nous l'engageons également à étudier avec soin la cellule nerveuse en la comparant chez divers animaux. Il est peu de formes histiques dont l'examen, ainsi poursuivi, fournisse plus de notions importantes.

C'est en observant les cellules ganglionnaires de l'Ecrevisse que Remak a entrevu la réelle structure de l'élément nerveux ; c'est par l'étude des Mollusques et des Poissons que M. Ranvier a pu définitivement fixer la science sur ces questions si longtemps controversées. Il serait impossible de choisir un meilleur exemple pour conclure et montrer la haute valeur des faits révélés par l'histologie zoologique.

TABLE DES MATIÈRES

Angers, imprimerie Lachèse et Dolbeau, Chaussée Saint-Pierre, 4.

